

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

“Diseño de una Cocina híbrida (Solar & Eléctrica)”

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

Presentado por:

José Miguel Bruque Almeida

Ángel Enrique Nieto Flores

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

Año: 2015

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos principalmente a Dios por brindarnos la dicha de poder culminar esta prestigiosa carrera en buenas condiciones y con la compañía de nuestros familiares.

Agradecemos también a nuestros padres y hermanos que estuvieron en los momentos más difíciles y a la vez en los momentos más felices de nuestra carrera, a nuestros amigos y profesores que nos motivaron para seguir avanzando en nuestras vidas profesionales.

## DECLARACIÓN EXPRESA

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

José Miguel Bruque Almeida

Angel Enrique Nieto Flores

Emérita Alexandra Delgado Plaza

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".



José Bruque A.



Angel Nieto F.



Ph.D. Emérita Delgado P.

## RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo principal diseñar y construir una cocina híbrida utilizando energía solar térmica a través del uso de un colector cilindro parabólico CCP y una fuente eléctrica. Con la finalidad de lograr un ahorro económico energético y ambiental para su uso diario, para ello, se analiza cuan eficiente seria cocinar con el prototipo propuesto.

El cambio de la matriz energética en el estado ecuatoriano ha dado lugar a este tipo de proyecto donde se pueden utilizar energías renovables y un alto consumo de energía eléctrica, donde el problema surge en zonas donde la energía eléctrica es escasa o nula, por consiguiente nuestra propuesta va a dirigida a estas localidades..

Para el diseño del sistema híbrido se analizaron diferentes alternativas en relación al tipo de fluido y al sistema de recirculación para lograr un mejor rendimiento del sistema. Posteriormente se realiza la construcción del prototipo en base de los materiales recomendados en la Guía Práctica de Calentador Solar-GPE INEN 18. Finalmente se procede a la puesta en marcha de la cocina hibrida y sus respectivas pruebas experimentales como son; temperaturas e irradiación, con el fin de determinar experimentalmente la eficiencia del sistema.

Como resultados obtenidos se puedo determinar que el aceite térmico trabaja mejor que el agua como fluido caloportador, por su mejor capacidad calorífica. Por otra parte , al analizar el comportamiento de la diferencia de temperatura dentro del tanque de almacenamiento , ductos y sistema de serpentín (hornilla) , la mejor opción se da adaptando un sistema de recirculación a través de una bomba centrifuga en relación al efecto termosifón debido a que se hace llegar rápidamente dentro del tanque de almacenamiento al equilibrio , debido a la buena recirculación del fluido.

**Palabras Clave:** CCP, GPE INEN 18, aceite térmico, termosifón

## **ABSTRACT**

*This project's main objective is to design and build a hybrid cuisine using solar energy through the use of a parabolic trough collector CPC and a power source. In order to achieve energy and environmental cost savings for everyday use, for this, how efficient would be discussed with the proposed prototype cooking.*

*The change of the energy matrix in Ecuador has led to this kind of project where you can use renewable energy and high energy consumption, where the problem arises in areas where electricity is scarce or absent, therefore our proposal will directed at these locations.*

*To design the hybrid system alternatives were analyzed in relation to the type of fluid and recirculation system for better system performance. Later the construction of the prototype based on those recommended in the Practical Guide to Solar-GPE INEN heater 18. Finally we proceed to the implementation of the hybrid kitchen and their experimental tests such as materials is performed; and irradiation temperatures, in order to experimentally determine system efficiency.*

*Results obtained are as I can determine the thermal oil works better than water as a heat transfer fluid, for your best heat capacity. Moreover, to analyze the behavior of the temperature difference within the storage tank, pipelines and coil system (burner), the best option is given adapting a recirculation system through a centrifugal pump in relation to natural circulation due It is made to quickly reach inside the storage tank to the balance, due to the good fluid recirculation.*

**Keywords:** CCP, CDTS, GPE INEN 18, Thermal oil, thermosyphon.

# ÍNDICE GENERAL

<b>ABSTRACT.....</b>	<b>II</b>
<b>ÍNDICE GENERAL.....</b>	<b>III</b>
<b>ABREVIATURAS.....</b>	<b>V</b>
<b>SIMBOLOGÍA.....</b>	<b>VI</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>VII</b>
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>VIII</b>
<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Descripción del problema.....	1
<b>1.2 Objetivos.....</b>	<b>3</b>
1.1.1 Objetivo General .....	3
1.1.2 Objetivos Específicos .....	3
<b>1.3 Marco teórico .....</b>	<b>3</b>
1.3.1 Colectores solares.....	3
1.3.2 Fluido Térmico.....	4
1.3.3 Conceptos teóricos técnicos.....	6
1.3.4 Sistema de almacenamiento.....	7
1.3.5 Tipos de cocinas.....	8
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>9</b>
2. Diseño conceptual del Sistema.....	9
2.1 Alternativas de Diseño.....	10
2.2 Calculo del concentrador del cilindro parabólico.....	12
2.2.1 Rediseño del canal parabólico.....	12
2.2.2 Calculo del ángulo de apertura ( $\theta$ ) y la distancia ( $\rho$ ).....	16
2.2.3 Calculo del diámetro del tubo receptor.....	17
2.3 Calculo de sistema de almacenamiento y recirculación.....	18
2.4 Análisis térmico del fluido.....	19
2.4.1 Calculo del Caudal de fluido .....	20

2.4.2	Longitud total de tuberías .....	21
	Figura 2.4. Esquema de tuberías instaladas en el CCP. ....	22
2.5	Selección del sistema eléctrico .....	22
2.6	Construcción del prototipo y puesta en marcha.....	25
2.6.1	Construcción y diseño de Cocina Híbrida. ....	26
2.6.2	Funcionamiento del Sistema de calentamiento.....	28
<b>CAPÍTULO 3</b>	.....	<b>30</b>
3.0	Análisis de resultados y mediciones .....	30
3.1	Análisis de sistema de recirculación. ....	31
3.1	Análisis de fluido del caloportador.....	35
3.1.1	Análisis térmico del fluido en el Tanque de almacenamiento.....	37
3.1.2	Conducción térmica del serpentín al recipiente para cocción. ....	39
3.2	Posicionamiento del ángulo de inclinación del CCP.....	41
3.3	Análisis Económico de costos. ....	42
<b>CAPITULO 4</b>	.....	<b>45</b>
4.	Discusión y Conclusiones.....	45
4.1	Conclusiones .....	45
4.2	Recomendaciones.....	47
<b>Bibliografías.</b>	.....	<b>49</b>
<b>APÉNDICES.</b>	.....	<b>51</b>
<b>Planos esquemáticos.</b>	.....	<b>53</b>

## **ABREVIATURAS.**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral.
FIMCP	Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción
ASTM	American Society for Testing and Materials
SAE	Society of Automotive Engineers
AISI	American Iron and Steel Institute
CDTS	Centro de Desarrollo Tecnológico y Sustentable
CCP	Colector Cilíndrico Parabólico
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
GPE	Guía Práctica Ecuatoriana
GLP	Gas Licuado de Petróleo.



## SIMBOLOGÍA.

- °C Grados Celsius
- V Voltios
- $Kg/m^3$  Kilogramo por cada metro cúbico
  
- $mV$  Milivoltios
- $\rho$  Densidad
- $\Omega$  Ohm
- Pulg Pulgada
- $W/m^2$  Vatios por cada metro cuadrado
- $KJ/Kg \times K$  Un kilo joule por kilogramo grados kelvin
  
- $m^3/h$  Metros cúbicos por hora
  
- m Metros
- Cu Cobre
- $\phi$  Diámetro

# INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Esquema básico de un colector cilíndrico parabólico.....	4
Figura 2.1. Vista isométrica del colector solar.....	13
Figura 2.2. Vista frontal del colector solar.....	13
Figura 2.3. Distancia entre el punto focal y lado lateral del canal parabólico. ....	16
Figura 2.6. Circuito eléctrico de la cocina.....	24
Figura 2.7. Concentrador de radiación del CCP.....	25
Figura 2.8. Estructura del tanque de almacenamiento y concentrador parabólico. .	26
Figura 2.9. Prototipo experimental de la cocina solar híbrida.....	27
Figura 2.8, Esquema térmico del CCP.....	28
Figura 3.1. Gráfica del comportamiento del sistema de recirculación utilizando agua como fluido caloportador y un sistema de bombeo.....	31
Figura 3.2., Gráfica del comportamiento del sistema de recirculación utilizando agua como fluido caloportador y un sistema de termosifón.....	32
Figura 3.3, Gráfica del comportamiento del sistema de recirculación utilizando aceite térmico como fluido caloportador y un sistema de bombeo.....	32
Figura 3.3, Gráfica del comportamiento del fluido caloportador agua - radiación solar en $W/m^2$ en el mismo instante.....	35
Figura 3.4, Gráfica del comportamiento del fluido caloportador aceite - radiación solar en $W/m^2$ en el mismo instante.....	36
Figura 3.6, Gráfica del comportamiento dentro del aceite térmico como fluido dentro tanque de almacenamiento vs el tiempo a diferentes horas del día, en el mismo instante.....	38
Figura 3.7, comportamiento de las temperaturas del serpentín y la temperatura del agua dentro del recipiente de cocción. Utilizando agua como fluido caloportador...39	
Figura 3.8, Gráfica del comportamiento de las temperaturas del serpentín y la temperatura del agua dentro del recipiente de cocción. Utilizando aceite térmico como fluido caloportador.....	40
Figura 3.9, Gráfica de la variación del ángulo de inclinación del concentrador a diferentes horas del día.....	41
<b>Figura 3.10</b> , Gráfica de la variación del ángulo de inclinación del concentrador a diferentes horas del día.....	42

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1 Aceites térmicos utilizados en plantas solares .....	5
Tabla 1. 2 Temperaturas de funcionamiento de los colectores solares y sus aplicaciones .....	5
Tabla 1. 3 Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de cocina .....	8
Tabla 2.1. Propiedades térmicas del fluido de trabajo. ....	11
Tabla 2.5. Rangos de temperatura del sistema eléctrico de cocción. ....	24
Tabla 3.1, Para la construcción del sistema de cocción de la cocina híbrida.	43

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN.

El presente proyecto pretende diseñar y construir un prototipo para la cocción de alimentos, utilizando fuentes alternativas de energía y fuentes convencionales, con la finalidad de lograr un ahorro económico, energético, ambiental a través de las iniciativas de diseños y construcción de cocinas híbridas. Cabe añadir que el prototipo estudiando será útil en la zonas rurales donde el tendido eléctrico no ha llegado o simplemente no abastece para toda la comunidad.

El prototipo propuesto constará de dos hornillas, una eléctrica alimentada por 120 voltios y la otra hornilla tipo serpentín que en su interior pasara un fluido calo portador para transferir por conducción térmica el calor al recipiente (olla) utilizados para la cocción.

La energía Solar es una fuente de energía alternativa sustentable que ha ganado gran campo en los últimos años, con el propósito de aprovechar la radiación solar, cabe agregar que los estudios y diseños se han realizados para diferentes tipos de colectores solares como son: placas plana con cubierta; concentradores parabólicas; placa plana sin cubierta y tubos de vacío. Para nuestra cocina híbrida analizaremos y utilizaremos un colector solar tipo parabólico que se encuentra instalado en el Centro de Desarrollo Tecnológico y Sustentable (CDTS), el mismo que puede alcanzar temperaturas entre 80°C a 150°C, siendo suficiente para poder llegar a la cocción de varios alimentos.

### 1.1 Descripción del problema

En la actualidad, el Gobierno Nacional de la República del Ecuador se encuentra impulsando el cambio de la matriz energética, estableciendo la reducción de la importación del GLP dentro del consumo residencial, para

ello se fomenta el uso de energía eléctrica generada a partir de las grandes hidroeléctricas. Esta medida afecta en cierto caso a los sectores rurales por el aumento progresivo de este combustible fósil siendo el más utilizado para la preparación del alimento dentro de los hogares Ecuatorianos, seguido del uso de la leña y el carbón.

Por otra parte, se conoce que el abastecimiento y costo del GLP durante años ha sido uno de los problemas que acarrearán los sectores de las zonas rurales especialmente las comunidades aisladas, y aún más grave será la situación con el aumento progresivo de este combustible, optando en ciertos casos que la comunidad utilice leña para cubrir esta actividad importante como es la preparación de sus alimentos. Por otro lado, cocinar sin gas licuado permitirá reducir las emisiones de dióxido de carbono por año, pero como se ha indicado anteriormente se puede generar otros inconvenientes no planificados.

Otro punto importante a destacar es el fomento constante del Estado por el uso de energía eléctrica para las cocinas eléctricas y de inducción, por lo cual en estas zonas rurales encarecidas no cuentan con recurso económico para el gasto continuo de esta fuente energética.

Por las razones anteriormente expuestas, este trabajo plantea el diseño de una cocina híbrida aprovechando la energía solar como energía alternativa con la finalidad que la cocina no dependa únicamente de la energía eléctrica y así lograr un ahorro económico, ambiental y sustentable en estas comunidades.

## **1.2 Objetivos.**

### **1.1.1 Objetivo General**

Diseñar y construir una cocina híbrida abastecida por energía eléctrica y energías alternativas como es el caso de la energía solar, con la finalidad de lograr un ahorro económico energético y ambiental para su uso diario.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Construir un prototipo experimental con capacidad para cocinar mediante dos fuentes diferentes de energía (solar y eléctrica).
- Rediseñar un colector tipo parabólico que nos permitirá captar gran parte de la irradiación solar para lograr calentar un fluido térmico.
- Evaluar las mejores alternativas de diseño del sistema, tipo de fluidos empleados y sistemas de flujo.
- Determinar el rendimiento del colector cilíndrico parabólico.
- Evaluar el funcionamiento del prototipo experimental por medio del análisis de las principales variables de diseño como son; temperaturas, irradiación solar y recirculación del fluido.

## **1.3 Marco teórico**

En esta sección se describen las definiciones científicas de los términos, equipos y procesos que se implementaran en la elaboración de este proyecto.

### **1.3.1 Colectores solares**

Un colector solar es un dispositivo de intercambio de calor que absorbe la irradiación solar y la convierte en energía calorífica. Los colectores cilíndricos parabólicos se caracterizan por utilizar un espejo semicilíndrico de perfil parabólico (receptor) que concentra la luz sobre el

foco de la parábola, es así que el eje focal del cilindro está diseñado de un tubo conductor térmico con el fin de absorber la energía calorífica concentrada en dicho eje. El tubo de cobre debe estar concéntricamente cubierto por un tubo transparente el cual ayudara a minimizar las pérdidas por transferencia de calor al exterior. Se hace necesario crear un vacío parcial entre ambos tubos, además de recubrir el tubo metálico con una película absorbente con la finalidad de mejorar su eficiencia.



Figura 1.1 Esquema básico de un colector cilíndrico parabólico.

### 1.3.2 Fluido Térmico.

El fluido de trabajo requerido en el colector solar cilíndrico parabólico se considera como un transportador de energía para el sistema, siendo de diversos tipos como son el agua o aceites térmicos. Su elección se realiza en función de la temperatura máxima de trabajo que se desea conseguir. Así, por ejemplo, para una temperatura máxima de 300°C, se suele elegir el Caloría HT-43 y el Solutia – Therminol 55, por ser aceites con buenas propiedades térmicas. En la tabla 1.1 se especifican algunos aceites utilizados en las plataformas solares, además de las temperaturas de

funcionamiento de los diferentes tipos de colectores solares, descritos en la Tabla 1.2.

Tabla 1. 1 Aceites térmicos utilizados en plantas solares

<b>HTF</b>	<b>Fabricante</b>	<b>Material</b>	<b>Rango de Trabajo (°C)</b>	<b>Precio \$/Kg</b>
Therminol 75	Solutia	Aceite	80°-385° (1)	-
Therminol VP-1	Solutia	Aceite	12°-400° (1)	2.26
Shyltherm 800	Dow Chemical	Silicona	-40°-400° (2)	11.30

Fuente: (Paratherm, 1995)

Tabla 1. 2 Temperaturas de funcionamiento de los colectores solares y sus aplicaciones

<b>Temperaturas</b>	<b>Tipo de Colector</b>	<b>Aplicaciones</b>
Bajas (hasta 100°C)	Plano	Calentamiento de aguas sanitarias y de piscinas. Calefacción, Secado, desalinización y destilación.
Media (hasta 400°C)	Lineales o esféricos.	Industrias lácteas. Procesado de residuos. Refrigeración. Producción de acetona Desalinización.
Altas (hasta 800°C)	Colectores parabólicos , Campos de heliostatos	Centrales solares foto térmicas. Fotovoltaicas y fotoquímicas. Hornos solares para tratamientos térmicos.

Fuente: (LubeTek, 2015)



Por otra parte, se considera que uno de los principales aspectos de ingeniería dentro de la tecnología del aceite es el desarrollo de un almacenamiento térmico fiable y eficiente. El cual debe lograr el mínimo de pérdidas de calor al ambiente.

### **1.3.3 Conceptos teóricos técnicos.**

Antes de continuar con la explicación de nuestro trabajo se hace necesario indicar algunos términos académicos que utilizaremos durante el desarrollo de este escrito.

**Espejo o receptor parabólico:** Es el que actúa como espejo reflector para concentrar la mayor cantidad de irradiación solar en el foco de la parábola producido por reflexividad.

**Reflexividad:** Fenómeno que lo podemos definir como el cambio de dirección de un rayo que ocurre en la superficie de separación entre dos medios, de tal forma que regresa al medio inicial. Para nuestro estudio es muy importante tener altos porcentajes de reflectividad la cual representa la fracción de la radiación incidente que es reflejada por una superficie.

**Tubo receptor:** Tubo de cobre con buenas propiedades térmicas como son; alta conductividad y un elevado porcentaje de absorbancia.

**Absortividad:** Propiedad de un material que determina la cantidad de radiación incidente que puede absorber. Depende del tipo, color y acabado del material.

Una vez aclarado ciertos principios físicos de la naturaleza de la luz que se producen sobre el colector solar para lograr su correcto funcionamiento, debemos añadir también los tipos de transferencia de calor que se producen cuando existe incidencia de luz sobre el reflector cilíndrico parabólico, el mismo que se determina a través del calor total transferido

por el sistema siendo la suma de la transferencia de calor por radiación, conducción y convección.

**Mecanismos de la transferencia de calor:** Durante el análisis es necesario conocer la transferencia de calor por conducción presente en el tubo de cobre, siendo esta; la transferencia de calor entre dos puntos de un cuerpo que se encuentran a diferentes temperaturas sin que se produzca transferencia de materia entre ellos. Cuando en el caso de la transferencia por convección se lleva a cabo en todo el equipo por el fluido térmico en movimiento circula en el sistema transportando energía térmica entre dos zonas.

#### **1.3.4 Sistema de almacenamiento.**

El sistema de almacenamiento de nuestro CCP es el encargado de almacenar al fluido caloportador y evitar la disminución de la temperatura que ha ganado el fluido durante el transcurso de su calentamiento en el Colector cilindro parabólico y su paso por el serpentín de la cocina, manteniendo la estabilidad de dicho fluido, siendo la función principal de este sistema de almacenamiento.

En cuanto al sistema de almacenamiento que se ha seleccionado para el colector solar, se lo realizó dependiendo del fluido con el que se vaya a trabajar y el rango de temperaturas que pueda alcanzar. Para esos casos tenemos tres diferentes tipos de almacenamiento, en calor sensible, en calor de cambio de fase y en calor de recombinación en reacciones termoquímicas reversibles.

### 1.3.5 Tipos de cocinas.

Los tipos de cocinas que podemos encontrar en el mercado nacional, son las que se describen a continuación:

Tabla 1. 3 Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de cocina

Tipos de cocinas	Ventajas	Desventajas
<b>Solar</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El sol es gratis.</li> <li>• No contamina.</li> <li>• No emite humo.</li> <li>• Es más seguro.</li> <li>• Son fáciles de construir.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Es sólo para días soleados.</li> <li>• La cocción demora más.</li> <li>• Solo se pueden cocinar dos comidas al día.</li> <li>• Rechazo a cocinar fuera de casa.</li> </ul>
<b>Inducción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiencia energética.</li> <li>• Rapidez de calentamiento.</li> <li>• Facilidad de limpieza.</li> <li>• Detección automática del recipiente.</li> <li>• Menos contaminación ambiental.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utensilios de cocina.</li> <li>• Precios más elevados.</li> <li>• Suministros eléctricos.</li> <li>• Radiación electromagnética.</li> <li>• Conceptos erróneos.</li> </ul>
<b>Gas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede ser utilizada durante un apagón.</li> <li>• El sabor que queda en los alimentos.</li> <li>• Calienta más rápido</li> <li>• Admite cualquier tipo de recipientes.</li> <li>• Consume menos energía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida en sus tubos o válvulas y liberar gas en el hogar.</li> <li>• Correr el riesgo de quemaduras, incendios, explosiones, intoxicación y asfixias.</li> <li>• Costos de adquisición muy altos.</li> <li>• Se necesita realizar revisiones periódicas.</li> <li>• El proceso de limpieza es el más complicado</li> </ul>

Después de las consideraciones anteriores, con respecto a las ventajas y desventajas de las cocinas, se decidió realizar una cocina híbrida, la cual consistiría con una hornilla solar otra eléctrica, cabe agregar que esta elección fue tomada en relación con esta última tabla.

# CAPÍTULO 2

## 2. Diseño conceptual del Sistema.

En el campo de la energía solar existen diversas tecnologías para aprovechar la energía emitida por el sol, pudiendo convertir la radiación solar en energía térmica o eléctrica según sea la conveniencia del caso. Para nuestro estudio utilizaremos la radiación solar para convertirla en energía térmica.

Para tal efecto nuestro prototipo experimental se encuentra formado por cuatro partes muy importantes, tales como: Un concentrador cilindro parabólico, un sistema de almacenamiento, un sistema de calentamiento formado por un serpentín cilíndrico y un sistema formado por resistencias eléctricas.

Para la realización del concentrador cilíndrico parabólico (**CCP**), es necesario realizar el respectivo cálculo para poder encontrar el punto focal del mismo, con la finalidad de poder ubicar la altura adecuada entre la plancha parabólica y el receptor. El receptor, está elaborado por un tubo de cobre y asilado mediante un tubo de vidrio. Además, dentro de este proyecto se plantea alternativas de diseño para mejorar su rendimiento. Por otra parte, también se analizó dentro de las alternativas del diseño, dos tipos de fluidos caloportador para determinar cuál sería la temperatura, ángulo y altura óptima del prototipo.

Con respecto al sistema de calentamiento para la cocina híbrida, se ha propuesto un sistema tipo serpentín cilíndrico, con el fin de aumentar el área de transferencia de calor y disminuir el tiempo de cocción. Cabe

recalcar que la cocina constara de 2 hornillas, una cilíndrica (para el sistema solar) y otra para el sistema eléctrico.

## **2.1 Alternativas de Diseño**

Para el rediseño del colector cilindro parabólico (CCP) anteriormente diseñado y construido por el personal del Centro de desarrollo tecnológico y sustentable (CDTS) con la finalidad de calentar un fluido (agua) para ser utilizado en una cocina solar tipo horno, pero por efecto de las condiciones climáticas, seguridad, tiempo de cocción y malestar de uso en las comunidades debido a estar expuestas al sol por un tiempo prolongado, se procedió en este proyecto a mejorar las condiciones de uso a través del diseño de una cocina híbrida solar-eléctrica, con el fin que el equipo pueda ser instalado dentro de una vivienda.

Para la selección de la alternativa del tipo de fluido de trabajo y recirculación partimos de las condiciones que el sistema se utilizara para la cocción de alimentos y que el CCP trabajó anteriormente con agua como fluido calo portador, por lo tanto, este fluido será una de las alternativa seleccionadas para realizar la comparación con el aceite térmico mineral que también podría cumplir las necesidades para trabajar en el colector parabólico. En la tabla 2.1 se presentan las propiedades físico-químicas principales de los fluidos seleccionados.

Tabla 2.1. Propiedades térmicas del fluido de trabajo.

<b>Propiedad</b>	<b>Fluido de Trabajo</b>		<b>Unidad</b>
	<b>Agua</b>	<b>Aceite</b>	
<i>Temperatura de ebullición</i>	100	320	°C
<i>Temperatura de solidificación</i>	0	-20	°C
<i>Densidad</i>	999.97	880	$Kg/m^3$
<i>Capacidad calorífica</i>	4.19	2.85	$KJ/Kg \cdot ^\circ K$

Una vez conocida las propiedades del fluido, es necesario considerar alternativas para la recirculación del mismo. Para el primer caso se conoce el funcionamiento utilizando agua en el sistema, logrando a altas temperatura el principio del termosifón, para lo tanto, analizaremos si utilizando aceite en el sistema, se genera el mismo principio antes mencionado. El sistema termosifón es un efecto que se produce cuando un fluido se calienta, el fluido al calentarse se dilata y disminuye su densidad. Es decir, el fluido más caliente al tener menos densidad procederá a ascenderá hacia el tanque de almacenamiento.

Otra alternativa que se ha considerado para la recirculación del fluido es el uso de una bomba centrífuga, para ello se requiere determinar la potencia de la bomba y el caudal de flujo, a partir del; flujo de masa para una óptima transferencia de calor en el receptor del CCP, la carga del cabezal y sus pérdidas. En la tabla 2.2 podemos notar las ventajas y desventajas de ambas alternativas de recirculación.

Tabla 2.2, Principales ventajas y desventajas de la alternativa de recirculación de flujo

Sistema de recirculación	Ventajas	Desventajas
Termosifón	Bajo costo de adquisición y de operación debido a la ausencia de equipos de impulsión y a elementos de control, eliminando así consumos eléctricos y necesidades de mantenimiento en dichos equipos.	Mayores pérdidas térmicas pues el tanque de almacenamiento se encuentra en el exterior de la vivienda expuesto a temperaturas ambiente.
	Requerimientos espaciales mínimos en el interior de la vivienda por estar el tanque de almacenamiento en el exterior. Tan sólo es necesario considerar el paso de cañerías.	Mayores pérdidas en el circuito de consumo, debido a que el agua del almacenamiento ha de recorrer la distancia desde él acumulador hasta el punto de consumo.
		Depende en gran medida de las inclemencias del tiempo: frío, lluvia, humedad, etc. No posee alta confiabilidad del sistema debido a la dependencia de la radiación solar y temperatura ambiente.
Bomba Centrifuga	Sin importar las condiciones climáticas que se presenten en su zona de instalación, realiza un flujo continuo y no pulsante.	Posee una dependencia del sistema eléctrico disponible para trabajar en la recirculación del fluido.
	Posee una mejor eficiencia y rendimiento para la circulación del fluido, además agregándole sistemas de control o mecánicos se puede regular el caudal sin depender de las condiciones ambientales.	Requiere de un mantenimiento cada cierto periodo de tiempo para asegurar su funcionamiento y larga vida de producción lo que incrementa su costo económico en operación y adquisición.
	Se puede utilizar con diferentes fluidos, además del agua y poder transportar dicho flujo soportando temperaturas hasta 300 C	Su instalación o retiro no son tan sencillos como el caso de termosifón, debido a que tendría que desmontar cañerías para su desinstalación.

Como se puede observar en la tabla 2.2, utilizando una bomba para la recirculación del fluido se puede llegar a una mejor eficiencia de trabajo en el prototipo, en relación, a la recirculación de un fluido por efecto termosifón. Evidentemente el uso de una bomba requiere de una dependencia eléctrica y un costo económico mayor.

## 2.2 Calculo del concentrador del cilindro parabólico.

### 2.2.1 Rediseño del canal parabólico.

Antes de iniciar el rediseño se procede a obtener las medidas reales del CCP instalado en el CDTs e investigar las características del mismo; siendo construido el colector cilíndrico parabólico con planchas de acero

inoxidable, de dimensiones de 1220 mm de ancho (parte curva) y 2450 mm de largo.

A partir de estos valores se realiza el re-diseño del CCP, para lo cual tenemos que conocer la dimensión del lado recto para esto se realiza el cálculo tomando en cuenta algunas distancias focales. Ver vistas del captador figura 2.1 - 2.2.

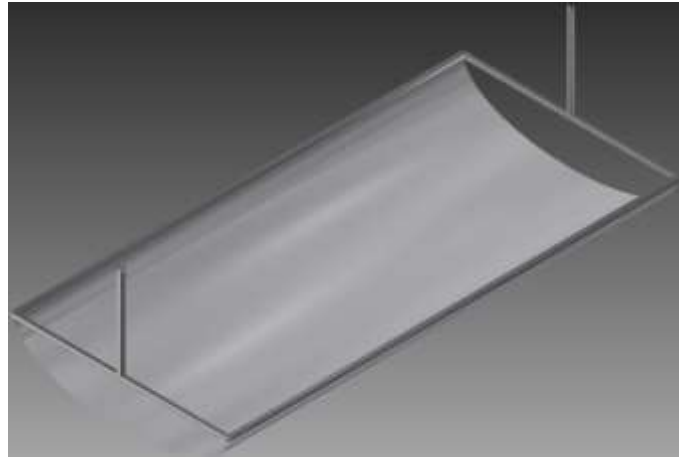


Figura 2.1. Vista isométrica del colector solar.

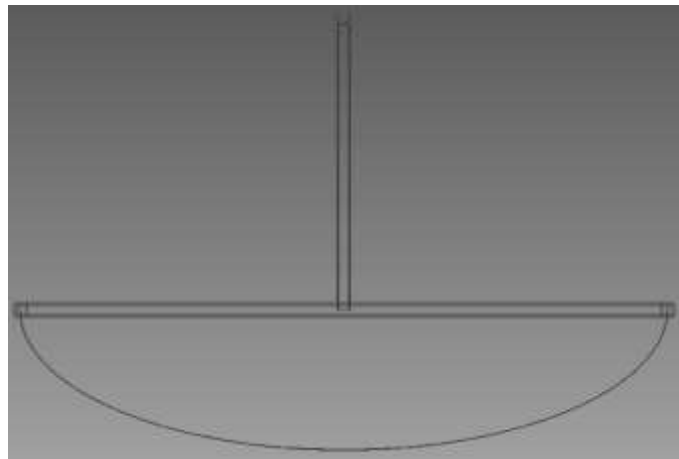


Figura 2.2. Vista frontal del colector solar.

Si conocemos el valor de la longitud de la curva siendo de  $S= 0.61$  metros, considerando los límites  $a=0$ ;  $b=0.585$  y la primera derivada de la ecuación  $f'(x)$ , podremos determinar el valor de la semiabertura que necesitamos para colocar el receptor solar.



A continuación se procede a describir los cálculos que se han desarrollado para determinar la altura máxima de la parábola.

Partiendo que la plancha de acero tiene una forma de elipse por lo tanto aplicamos la ecuación del punto focal hacia arriba.

$$f(x) = \frac{x^2}{4F} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Así aplicando la primera derivada vamos a obtener lo siguiente:

$$f'(x) = \frac{2x}{4F} dx$$

Donde; F es la distancia del foco.

Nuestra ecuación será planteada de forma de una curva de ecuación aritmética, para esto la integral a definir será:

$$S = \int_a^b \sqrt{1 + f'(x)} dx \quad (\text{Ecuación 2})$$

Sustituyendo, operando y despejando se obtiene:

$$0.61 = \int_0^{0.585} \sqrt{1 + \frac{x}{2F}} dx$$

Solución de la integral:

$$\text{Si } u = 1 + \frac{x}{2F} \quad ; \quad du = \frac{dx}{2F} \quad ; \quad dx = 2F du$$

$$0.61 = \int_0^{0.585} \sqrt{u} (2F du)$$

$$\frac{0.305}{F} = \left(\frac{2}{3}\right) (u^{3/2}) \int_0^{0.585}$$

Dadas las condiciones que anteceden, se procede a evaluar, e igual ambas parte con respecto a F (distancia focal), y de manera determinar el punto focal adecuado para el rediseño del colector cilíndrico parabólico.

**Si:**

$$\text{Parte 1: } \frac{(0.92+2F)^2}{(2F+0.585)^2}$$

$$\text{Parte 2: } \left(\frac{2F+0.585}{2F}\right)$$

Iterando el valor F se puede observar en la tabla 2.3 lo que se tiene.

Tabla 2.3. Iteración para un valor aproximado del punto focal.

<b>Valor de F asumido</b>	<b>Parte 1</b>	<b>Parte 2</b>
0.20	1.80	2.46
0.30	1.65	1.98
0.50	1.46	1.58
0.55	1.44	1.53
0.60	1.41	1.49
0.70	1.36	1.42
0.75	1.34	1.39
<b>0.80</b>	<b>1.33</b>	<b>1.36</b>

Con respecto a esta iteración tenemos que el valor de F adecuado a este sistema debe ser el que mejor se asocie con respecto a  $Y_{\max}$ , ya que el valor de  $X_{\max}$  se lo obtuvo en el anterior diseño.

A lo largo de los planteamientos hechos, reemplazamos los valores correspondientes para poder encontrar el  $Y_{max}$  adecuado.

$$Y_{max} = \frac{x^2}{4F}$$

$$Y_{max} = \frac{0.585^2}{4(0.8)}$$

$$Y_{max} = 0.106 \text{ m} = 10.6 \text{ cm}$$

### 2.2.2 Cálculo del ángulo de apertura ( $\theta$ ) y la distancia ( $\rho$ ).

Una vez realizado el cálculo del rediseño del canal parabólico, procedemos a obtener la distancia entre el punto focal y uno de los lados del canal parabólico.

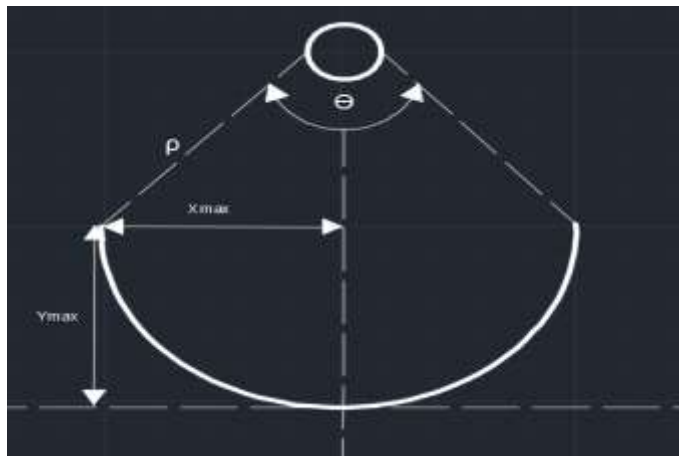


Figura 2.3. Distancia entre el punto focal y lado lateral del canal parabólico.

Con referencia a lo anterior ( $X_{max}$ ,  $Y_{max}$ ), procedemos a calcular los valores de apertura ( $\theta$ ) y la distancia ( $\rho$ ). El calcular el ángulo de apertura  $\theta$  se lo obtiene a través de la siguiente ecuación:

$$\tan\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{X_{max}}{F - Y_{max}} \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$\tan\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{0.585}{0.8 - 0.106}$$

$$\tan\left(\frac{\theta}{2}\right) = 0.843$$

$$\theta = 80.26^\circ * \frac{2\pi}{360^\circ}$$

$$\theta = 1.4 \text{ rad}$$

Después de lo anterior expuesto y los valores pertinentes iniciamos el cálculo de la distancia ( $\rho$ ).

$$\rho = \sqrt{X_{max}^2 + (F - Y_{max})^2} \quad (\text{Ecuación 4})$$

$$\rho = \sqrt{0.585^2 + (0.8 - 0.106)^2}$$

$$\rho = \sqrt{0.342 + 0.482}$$

$$\rho = 0.907 \text{ m} = 90.7 \text{ cm}$$

### 2.2.3 Cálculo del diámetro del tubo receptor.

A partir de conocer los valores de la distancia focal ( $\rho$ ), el punto focal siendo de 0.8 sobre la plancha de acero inoxidable, se procede a desarrollar el cálculo para determinar el diámetro del tubo del receptor, a partir de la ecuación establecida en la bibliografía para el diseño del captador solar.

$$\phi_{min} = \frac{2 * \rho * tg(1.125)}{\cos(\frac{\theta}{2})} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Cabe agregar, que el sol no es una fuente luminosa puntual, por lo tanto, los rayos de sol desde la superficie de la tierra tienen una apertura, que para la ciudad de Guayaquil estaría en una apertura de  $2^\circ$  y  $15'$ . Esto significa que, los rayos solares no son perfectamente paralelos entre sí, lo cual se desvían como un cono de dirección de ángulo igual a  $1^\circ$  y  $7.5'$ . (507, INEN, 2009)

Por las consideraciones anteriores, procedemos a ingresar los valores correspondientes a la fórmula anterior mencionada.

$$\phi_{min} = \frac{2 * 0.907 * tg(1.125)}{\cos(\frac{80.26}{2})}$$

$$\phi_{min} = \frac{3.56 \times 10^{-2}}{0.765}$$
$$\phi_{min} = 0.046 \text{ m} = 4.65 \text{ cm}$$

Siendo el diámetro mínimo del tubo receptor de  $\phi_{min} = 0.046 \text{ m}$ , para este proyecto hemos adquirido un tubo de cobre de diámetro  $\frac{1}{2}$ ", significa entonces que internamente pasara el líquido adecuado.

### 2.3 Calculo de sistema de almacenamiento y recirculación

Una vez planteadas las alternativas de diseño para mejorar el rendimiento del CCP que se encuentra localizado en el CDTs en lo que respecta al tipo de fluido y el sistema de recirculación se opta por tomar como fluido de trabajo el aceite térmico porque posee ventajas sobre el agua como, mejores rangos de temperatura de trabajo lo cual nos brindará buen servicio sin preocuparnos de la ebullición del fluido debido a altas temperaturas causadas por la radiación lo cual nos generarían pérdidas de calor en el sistema. El aceite también posee una densidad más baja lo cual aportaría para optimizar la recirculación hacia el tanque de almacenamiento.

De acuerdo con los razonamientos que se han venido realizando, una vez establecido el fluido de trabajo (aceite), se selecciona el sistema de recirculación en base a la mayor capacidad del poder calorífico en comparación con el otro fluido (agua), cabe agregar que el sistema de recirculación del fluido (aceite) lo realizará la bomba centrífuga, si bien es cierto esto nos provocará una dependencia eléctrica para su funcionamiento, sobre la base de las consideraciones anteriores también nos proporcionará una muy alta eficiencia en comparación al sistema de termosifón además de contar con un flujo constante para la alimentación del tanque de almacenamiento.

## 2.4 Análisis térmico del fluido.

Para el análisis del fluido, después de las consideraciones anteriores debemos mencionar, que si bien es cierto, conocemos que el aceite posee mejores propiedades físico-químicas, de igual manera para nuestro prototipo se probará con dos diferentes fluidos con la finalidad de poder comprobar el rendimiento y eficiencia en la transportación de calor.

Hecha la observación anterior, el fluido que circula por las tuberías del sistema es un aceite térmico mineral de alta calidad, con una elevada estabilidad térmica, además no es corrosivo con el cobre ni el acero, esto trae como resultado una larga vida del fluido y al sistema. Uno de los principales beneficios del aceite “Lubetek” son las bajas pérdidas por evaporación, excelente estabilidad a la oxidación, baja viscosidad que facilita el bombeo y excelente estabilidad química, las características físico-químicas de Lubetek thermo fluido se detallan en la tabla 2.4.

Tabla 2.4 Propiedades del Aceite térmico LUBETEK THERMO FLUID

<i>Propiedad</i>	<i>Medida</i>	<i>Unidad</i>
Grado ISO	46	
Viscosidad A 40°C	44.8	CTS
Densidad	880	$Kg/m^3$
Punto de inflamación	220	°C
Temperatura de utilización	-20 a 320	°C
Índice de acidez	0.2	$KOH/g$
Capacidad calorífica	2.85	$KJ/Kg * °K$
Presión de Vapor	25	mmHg
Color	Ámbar claro	
Índice de viscosidad	95	

Fuente (LubeTek, 2015)

### 2.4.1 Calculo del Caudal de fluido

Para empezar con nuestros cálculos es necesario conocer la velocidad que el fluido circulara por el sistema, para ello, a partir de las referencias bibliográficas de varios autores indica que la velocidad que el aceite térmico debe circular se encuentra entre los rangos de (1-3) m/s (LubeTek, 2015). Por lo tanto, para nuestro caso práctico tomamos un valor medio entre el rango antes indicado, siendo la velocidad del fluido de 2 m/s.

Por otra parte, para determinar el flujo de masa debemos aclarar que se instaló en el CCP un tubo receptor de ½ pulgadas de diámetro interior, es decir tendremos un área de sección transversal de:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad (\text{Ecuación 6})$$

$$A = \frac{\pi (0.0127m)^2}{4}$$

$$A = 0.0001266 \text{ m}^2$$

Para determinar el flujo de masa del aceite a la velocidad dada y la sección calculada tenemos:

$$Q = v * A \quad (\text{Ecuación 7})$$

$$\dot{m} = \rho * Q \quad (\text{Ecuación 8})$$

Entonces:

$$\dot{m} = \rho v A = 880 \text{ kg/m}^3 * 2 \text{ m/s} * 0.0001266 \text{ m}^2$$

$$\dot{m} = 0.22 \text{ Kg/s} = 802.13 \text{ Kg/h}$$

Y el caudal para la bomba sería:

$$Q = 2 \text{ m/s} * 0.000126 \text{ m}^2$$

$$Q = 0.0002532 \text{ m}^3/\text{s} = 0.9 \text{ m}^3/\text{h} \sim 1 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q = 5 \text{ litros}/\text{min}$$

Sobre la base de las consideraciones anteriores, tenemos como resultado que:

$$\dot{m} = 802.13 \text{ Kg}/\text{h}$$

$$Q = 5 \text{ litros}/\text{min}$$

#### **2.4.2 Longitud total de tuberías**

La unidad instalada posee un diseño ya preestablecido de tuberías (figura 2.1), las modificaciones estructurales realizadas a la salida del fluido caloportador del extremo superior del tanque de almacenamiento hacia la parte inferior fueron tanto de características de aislamiento, acoples de tuberías, codos, bombas y adaptación del nuevo sistema implementado en la cocina híbrida, donde se ha diseñado una hornilla cilíndrica para la cocción de la alimentos. En la figura 2.4 se muestra las dimensiones de la longitud total de las tuberías utilizadas en el CCP, a partir de ello se determinó el cabezal de trabajo necesaria para la selección de la bomba.



### Tuberías del Colector Cilíndrico Parabólico - Cocina Híbrida

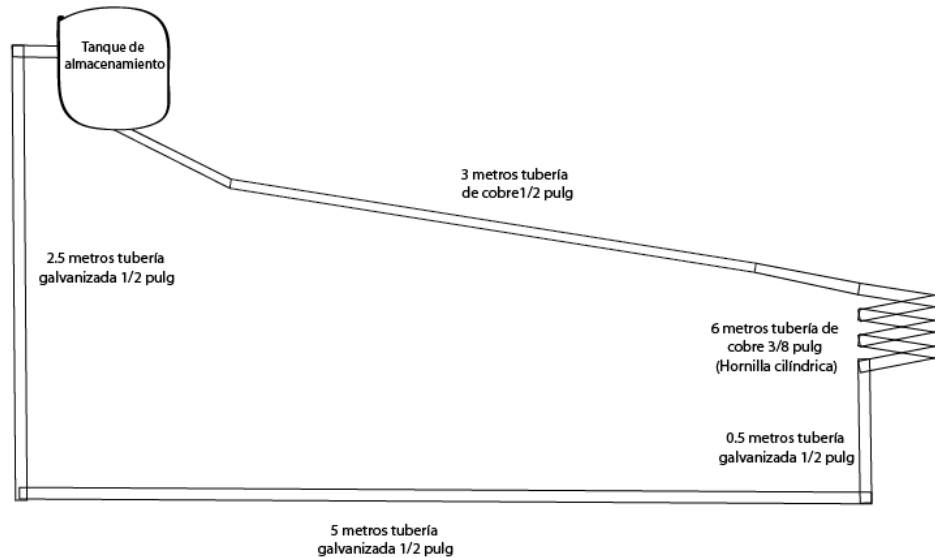


Figura 2.4. Esquema de tuberías instaladas en el CCP.

De acuerdo con los razonamientos que se han venido realizando, para determinar el cabezal de la bomba instalada será la suma métrica de todas las tuberías por las que circula el fluido térmico, siendo en total 17 metros de tuberías sin tomar en cuenta las pérdidas por codos y uniones.

Significa entonces que requerimos una bomba centrífuga que pueda operar con las siguientes condiciones mínimas, siendo;

#### **Bomba centrífuga**

$$\text{Caudal: } Q = 5 \text{ litros}/\text{min} \quad \text{Cabezal: } H = 17 \text{ metros}$$

### **2.5 Selección del sistema eléctrico**

Para el sistema de la hornilla eléctrica, se realiza la selección de una resistencia eléctrica estándar. Comercialmente las resistencias calentadoras que se encuentran en el mercado están compuesta de un material aleado de Níquel (80%) y Cromo (20%), estas aleaciones pueden alcanzar

temperaturas de hasta 1000 °C sin verse afectadas, y con una dimensión de 6 pulgadas con 3 giros concéntricos en el interior (figura 2.5)

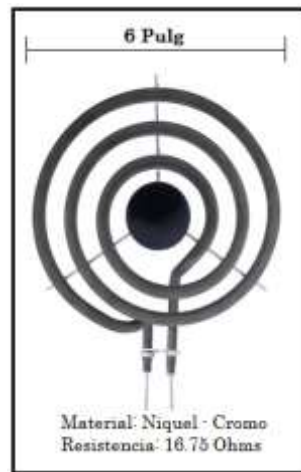


Figura 2.5. Resistencia de Níquel-Cromo para cocina eléctrica.

Con las especificaciones técnicas de las hornillas comerciales, se determina la potencia de la hornilla, partiendo de los datos técnicos de resistencia de 16.75 Ohms y voltaje de 120V, por lo tanto la potencia es;

$$P = \frac{V^2}{R} \quad (\text{Ecuación 9})$$

$$P = \frac{120 \text{ volt}^2}{16.75 \Omega}$$

$$P = 860 \text{ Watts}$$

Determinada la potencia se calcula la corriente necesaria en el sistema, reemplazando los valores correspondientes en la fórmula de la intensidad de corriente (I).

$$I = \frac{P}{V} = \frac{860}{120} = 7.16 \text{ Amp} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Continuando con nuestra investigación , al probar el sistema conectado directamente a una fuente de poder de 120 voltios, se alcanzó una temperatura de 600 °C, debido a no tener un control de la temperatura es necesario instalar un potenciómetro (conexión en serie) para disminuir la temperatura con una serie de resistencias (figura 2.6)

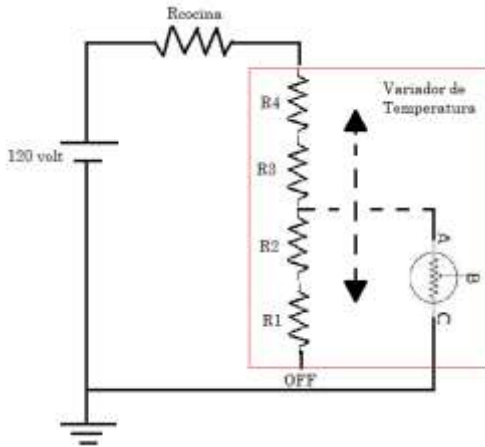


Figura 2.6. Circuito eléctrico de la cocina.

Tabla 2.5. Rangos de temperatura del sistema eléctrico de cocción.

Potenciómetro	Temperatura °C
Apagado	0
Nivel 1	320
Nivel 2	420
Nivel 3	520
Nivel 4	600

Se hace evidente entonces, que a mayor nivel del potenciómetro se obtendrá una mayor temperatura, es decir, a un cierto nivel de temperatura nos resultaría un mayor o menor consumo de tiempo con respecto a la cocción de los alimentos.

## 2.6 Construcción del prototipo y puesta en marcha.

Una vez hechos los cálculos la cual hemos dimensionado las tuberías, longitud de serpentín (hornilla térmica), cantidad de fluidos, caudal y potencia de la bomba, selección de la resistencia eléctrica, cálculo del punto focal del concentrador para realizar los ajustes para tener una parábola equidistante entre los puntos del concentrador al eje focal. Se precede a la compra de los materiales y construcción del prototipo.

Para la adecuación del CCP se utiliza un tubo de cobre de 1/2" de diámetro y 2.40 metros de longitud (receptor). En lo que respecta al reflector cilindro parabólico se procedió al cambio del material por una plancha de acero inoxidable de 2.45 m x 1.22 m x 1 mm.



Figura 2.7. Concentrador de radiación del CCP.

La estructura del tanque de almacenamiento no se le realizó cambios significativos a más de cambiar la salida del flujo de tanque, lo que se realizó fue una restauración y mantenimiento de la estructura. Ver figura 2.8

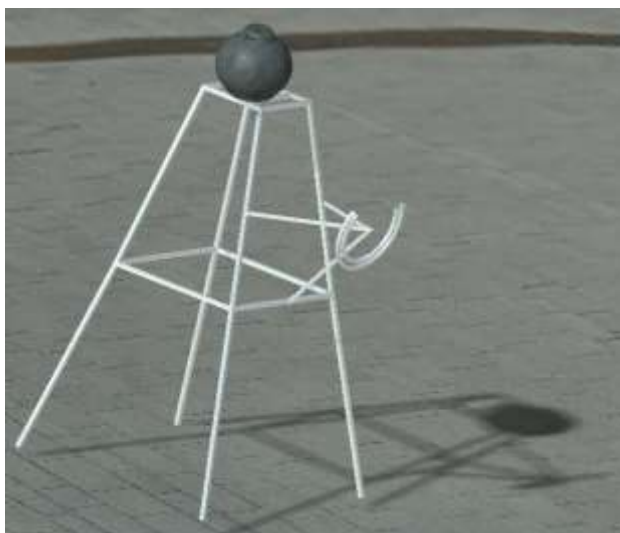


Figura 2.8. Estructura del tanque de almacenamiento y concentrador parabólico.

Cabe indicar además, que para el rediseño del CCP se utilizó la guía práctica **/GPE-INEN18/CALENTADOR SOLAR/Construcción de unidades económicas para la vivienda**, indicando la tecnología que se aplica y los materiales que se utilizan, así como algunos consejos para su funcionamiento.

### **2.6.1 Construcción y diseño de Cocina Híbrida.**

El prototipo de la cocina híbrida fue construido con materiales que soporte la corrosión (acero inoxidable AISI SAE 304), por estar expuesto al contacto con el agua y variación de temperaturas, además de tener una facilidad de limpieza por estar en contacto con alimentos. Cabe indicar que el prototipo fue diseñado para estar dentro de la vivienda, con la finalidad que el usuario no deba de salir de su hogar para cocinar. Solo el colector cilíndrico parabólico debe de estar colocado al intemperie sin obstáculo a su alrededor para evitar el efecto de las pérdidas por sombra.

La mesa superior de la cocina fue dividida por igual, para instalar ambos sistemas de cocción solar y eléctrico. La hornilla para el sistema solar fue

construida como serpentín de tubo de cobre de 3/8” de diámetro y 6 metros de longitud, e instalada en un cajón fabricado de plancha de acero AISI SAE 304 de 300 mm x 300 mm x 200 mm, cubierto en su exterior con lana de vidrio (aislante térmico) para mantener la temperatura del proceso de cocción. Además, se fabricó una tapa a la caja con el fin de disminuir las pérdidas de calor por convección al ambiente. En referencia a hornilla eléctrica fue la instalada a partir de las recomendaciones realizadas por el Ingeniero eléctrico.



Figura 2.9. Prototipo experimental de la cocina solar híbrida.

En cuanto a los utensilios utilizados para la cocción de los alimentos se deben regir a la norma técnica ecuatoriana **NTE-INEN2851/2014-06**, que nos indica: “En los requisitos que en el interior de los utensilios de cocina y sus recubrimientos deben construirse con materiales de grado alimenticio, los materiales deben constar con una certificación acreditada de su composición química. Para el utensilio de cocción en la hornilla solar, se debe cumplir todos los incisos de los requisitos de seguridad de esta norma.”

Cabe recalcar, que en el Ecuador no existen normas para este tipo de cocinas híbridas, las normas de seguridad y fabricación en cocinas de

inducción **NTE-INEN 2555 y NTE-INEN 2668** del servicio ecuatoriano de normalización, vigente desde el 2010 aclara en su punto 2 que el alcance de la norma, no es aplicable a cocinas mixtas, a gas, a eléctricas y de inducción de frecuencia de línea de uso doméstico.

### 2.6.2 Funcionamiento del Sistema de calentamiento

Una vez realizada la construcción se procede a la puesta en marcha del prototipo híbrido. En la figura 2.8 se muestra el comportamiento térmico que presenta el fluido al calentarse y enfriarse durante el funcionamiento.

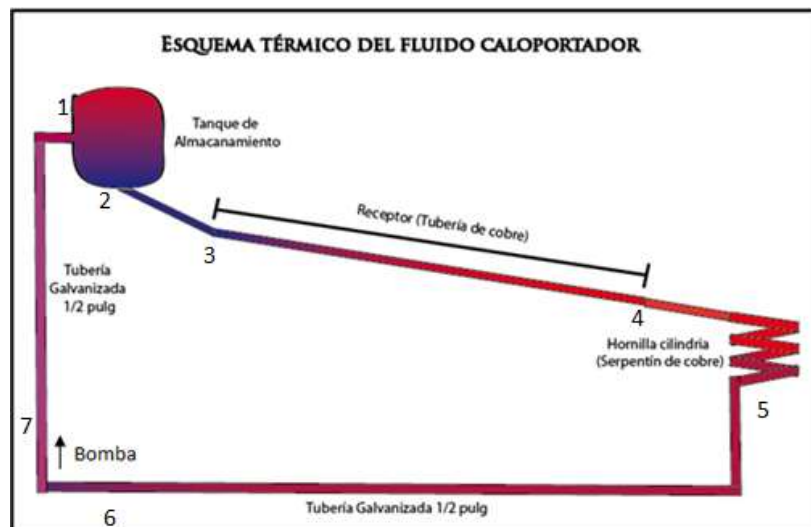


Figura 2.8, Esquema térmico del CCP.

De acuerdo con los razonamientos que se han venido realizando, observamos el comportamiento térmico de nuestro prototipo, en este orden de ideas se puede citar:

- a) **Tramo 1-2:** Tanque de almacenamiento; en esta sección se almacena el fluido. Lo que se puede observar que en su parte superior tendrá una mayor temperatura con respecto a la parte inferior, significa entonces que en la parte superior, está expuesta a la radiación solar de forma directa y que a la vez el fluido que circula en el sistema ingresará con

una mayor temperatura en el punto 1 con respecto a la temperatura que sale en el punto 2.

- b) Tramo 2-3:** En este tramo se encuentra una válvula de paso, el cual permite aumentar o disminuir el caudal del sistema.
- c) Tramo 3-4:** Receptor; que consta de una tubería de cobre, aislada con un tubo de vidrio, quien es el encargado de receptor toda la radiación solar directa como la radiación reflejada por el CCP hacia este punto focal, incrementando la temperatura del fluido con respecto al punto 2, por lo tanto en este tramo será donde el fluido absorba mayor calor con respecto a los demás tramos.
- d) Tramo 4-5:** Hornilla cilíndrica; en esta sección se coloca la olla, por ende todo el calor ganado en el receptor, cederá un porcentaje de calor por medio de la transferencia de calor por convección del aire caliente al recipiente y conducción del serpentín al recipiente, procediendo de esta forma a la cocción de los alimentos. Por lo tanto, como se puede observar en la figura 2.8, el punto 5 disminuirá su temperatura.
- e) Tramo 5-6:** Tubería galvanizada; se encuentra conectada entre la salida de la cocina solar y la entrada de la bomba, dentro de él, el fluido estará con la misma temperatura antes referida del punto 5.
- f) Tramo 6-7:** Bomba centrífuga; es uno de los implementos necesarios de nuestro sistema, que permitirá dar el impulso para que pueda ascender el fluido al tanque de almacenamiento.
- g) Tramo 7-1:** Tubería galvanizada; a través de ella fluye en fluido hacia el punto 1, tal como se ha visto este fluido ingresara al tanque de almacenamiento a una mayor temperatura con respecto al punto 2 (salida del fluido).



# CAPÍTULO 3

## 3.0 Análisis de resultados y mediciones

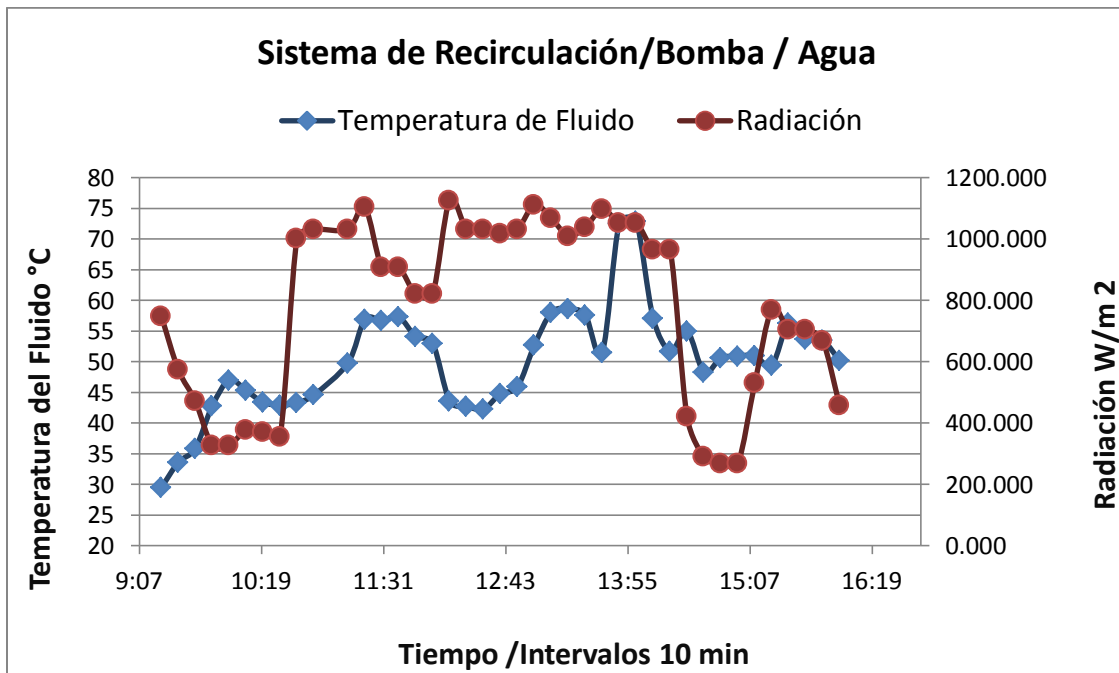
Para analizar el funcionamiento del prototipo experimental se procedió a realizar mediciones durante un mes y medio de temperaturas en distintos puntos estratégicos del sistema, para ello se utilizó un multímetro adaptado para sensar termocuplas tipo K. Para ello, las mediciones de temperatura se realizaron en varias secciones del prototipo experimental, llevando sus respectivos registros cada 10 min, durante 8 horas de operación del prototipo. Es así, que las termocuplas fueron colocadas en; en el interior del tanque de almacenamiento (dos termocuplas localizadas en la entrada y salida del fluido del tanque de almacenamiento), sección interna de la cámara entre el tubo receptor y el tubo de vidrio (dos termocuplas localizadas en el inicio y final del tubo), fluido caloportador (dos termocuplas localizadas internamente dentro del tubo receptor), parte exterior del serpentín de cobre (ornilla) y finalmente el recipiente de cocción. Además, durante esta fase se mide la radiación global utilizando un piranómetro, el ángulo de inclinación del concentrador y la temperatura ambiente. En el Anexo 1, se muestran las medidas realizadas.

En este capítulo se presentan los diferentes resultados que se obtuvieron en cuanto a la temperatura del fluido caloportador con respecto a la radiación presente en el mismo instante, así mismo podremos observar cómo varía el ángulo de inclinación conforme transcurre el día con la finalidad de determinar el ángulo de giro de la manivela por cada hora para poder así aprovechar óptimamente la radiación solar que llega al colector cilíndrico parabólico. Las mediciones experimentales fueron registradas en intervalos de 10 minutos empezando todos los días durante 45 días desde las 9H20 hasta las 16H00.

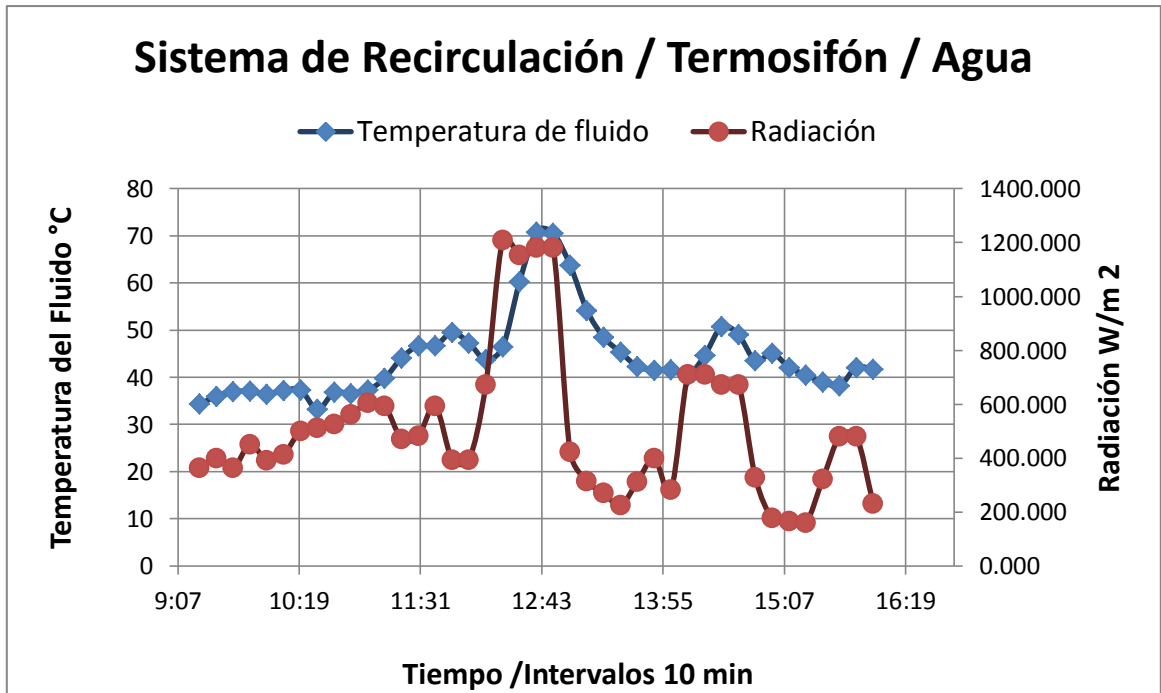
En esta sección también analizamos los costos de fabricación para poder llevar a cabo este proyecto, tomando en cuenta las dimensiones reales del diseño y los valores actuales de los materiales en el mercado ecuatoriano.

### 3.1 Análisis de sistema de recirculación.

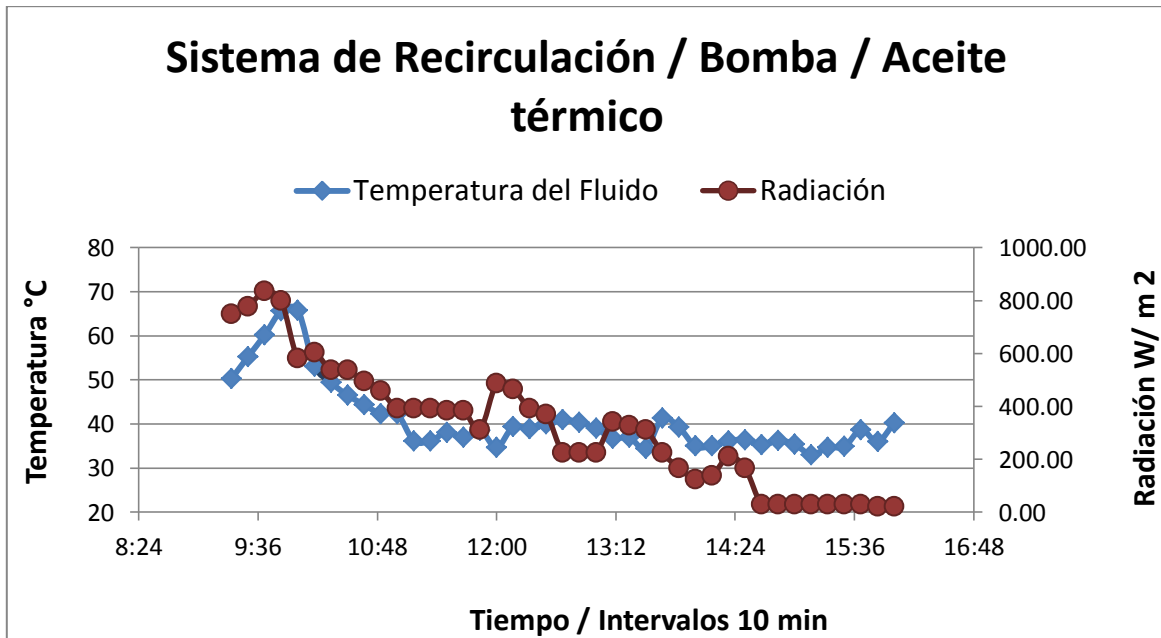
El sistema híbrido instalado en la dependencia de la ESPOL, se analizó el comportamiento térmico del fluido caloportador (aceite térmico lubetek móvil) con respecto a la radiación solar incidente en diferentes días y bajo distintas condiciones. La toma de datos se la realizó en el mes de agosto, cabe recalcar que durante este tiempo no se presentó las mejores condiciones climáticas para poder probar el alcance total del CCP.



**Figura 3.1.** Gráfica del comportamiento del sistema de recirculación utilizando agua como fluido caloportador y un sistema de bombeo.



**Figura 3.2.**, Gráfica del comportamiento del sistema de recirculación utilizando agua como fluido caloportador y un sistema de termosifón



**Figura 3.3.**, Gráfica del comportamiento del sistema de recirculación utilizando aceite térmico como fluido caloportador y un sistema de bombeo

En el gráfico 3.1 se observa el comportamiento de la temperatura del fluido a la salida del receptor de cobre (color azul) y la radiación (color rojo) ambas curvas representadas en el transcurso del día. Podemos apreciar en la gráfica que por la mañana la temperatura del fluido es aproximadamente  $25^{\circ}\text{C}$ , teniendo una radiación de  $700 \text{ W/m}^2$ , el fluido va incrementando su temperatura mientras la radiación permanece estable, incrementa o decrece en pequeñas magnitudes en todas estas descripciones la temperatura no disminuye.

En el transcurso del día, la temperatura del fluido permanece alrededor de los  $50^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  todo esto cuando la radiación se mantiene entre  $600 \text{ W/m}^2$  y  $800 \text{ W/m}^2$ . Pero cuando la radiación aumenta significativamente en más de  $1000 \text{ W/m}^2$  inclusive llegando a valores máximos de  $1150 \text{ W/m}^2$ , la temperatura del fluido incrementa entre  $70$  y  $80^{\circ}\text{C}$ , para el análisis de esta gráfica no se pudo determinar si existía el mismo comportamiento de la temperatura que a los  $50^{\circ}\text{C}$  debido que la radiación luego de alcanzar sus picos en el día decreció drásticamente hasta  $200 \text{ W/m}^2$  por más de 30 min. Las pruebas experimentales se realizó en una mañana soleada y una tarde parcialmente nublada del 25 de agosto del 2015, con un sistema de bombeo y agua como fluido caloportador.

Por otra parte, en la figura 3.2 se presenta el comportamiento de la recirculación del fluido por efecto termosifón natural, observando que al inicio de las pruebas (mañana) se empieza con una temperatura de  $30^{\circ}\text{C}$  a bajas irradiaciones, como es de esperarse se presenta el mismo fenómeno que la vista en la figura 3.1, que conforme incrementa la radiación la temperatura del fluido debe de aumentar, siendo la media de temperatura de  $40^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  en el transcurso del día, lo recalable en esta gráfico es que no existen altos gradientes de temperatura conforme disminuye la radiación. Pero sucede algo importante en este análisis, lo cual podemos observar que cuando la irradiación alcanza los  $1200 \text{ W/m}^2$  la temperatura llega hasta los  $70^{\circ}\text{C}$ , y al

bajar drásticamente la irradiación a  $200 \text{ W/m}^2$  la temperatura baja con una diferencia de  $5 \text{ C}$ . Todo estas comparaciones se las ha realizado en un día de iguales condiciones una mañana soleada y una tarde parcialmente nublada del 12 de agosto del 2015.

En la figura 3.3 se muestras los resultados utilizando aceite térmico como fluido caloportador, el mismo que fue seleccionado como las mejor alternativas de diseño para un mejor rendimiento en el sistema. En la gráfica se puede apreciar que la temperatura por la mañana fue  $50^\circ\text{C}$  dado que existió una radiación elevada por la mañana cerca de los  $800 \text{ W/m}^2$  pero la temperatura disminuyendo conforme disminuía la radiación con el transcurso del día esto ocurrió porque el comportamiento del día fue soleado por la mañana y nublado por la tarde, observando la diferencia de comportamiento que presenta el aceite con la radiación , comparando este comportamiento con el comportamiento utilizando agua el fluido empieza a perder rápidamente temperatura conforme disminuye la radiación llegando a valores medios de  $35^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$  en el día, pero manteniendo esta temperatura por largo tiempo más de 60 min inclusive con radiaciones casi nulas de  $20 \text{ W/m}^2$  a  $30 \text{ W/m}^2$  , datos analizados para el día 27 de agosto del 2015.

### 3.1 Análisis de fluido del caloportador.

Una vez comprobada la mejor alternativa de diseño para la recirculación del fluido en el sistema, la bomba centrífuga se analiza con gráficos 3.3 y 3.4 para diferentes fluidos agua y aceite con respecto a la radiación en el mismo instante. En la figura 3.3 podemos observar como varia la temperatura del fluido a la salida del receptor la temperatura es 30°C para radiaciones de 200 W/m<sup>2</sup>, cuando aumenta radiación podemos apreciar en el grafico que le toma un tiempo al fluido poder incrementar su temperatura, como las medidas fueron tomadas en intervalos de 10 min se notó que cuando la radiación después de un intervalo de tiempo establecido en la toma de datos la temperatura incrementaba, es decir que le tomaba un tiempo al fluido ganar temperatura esto se puede deber a su capacidad calorífica. El valor más alto registrado fue 50°C esto se debió a que la radiación 20 minutos antes había alcanzado su pico de 1200 W/m<sup>2</sup>.

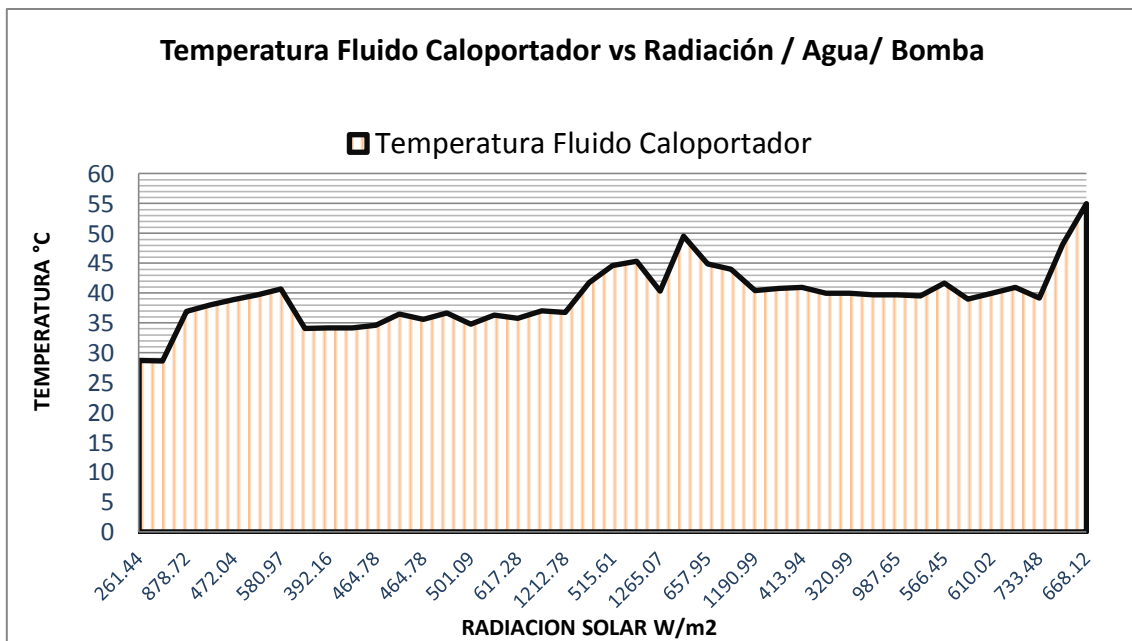
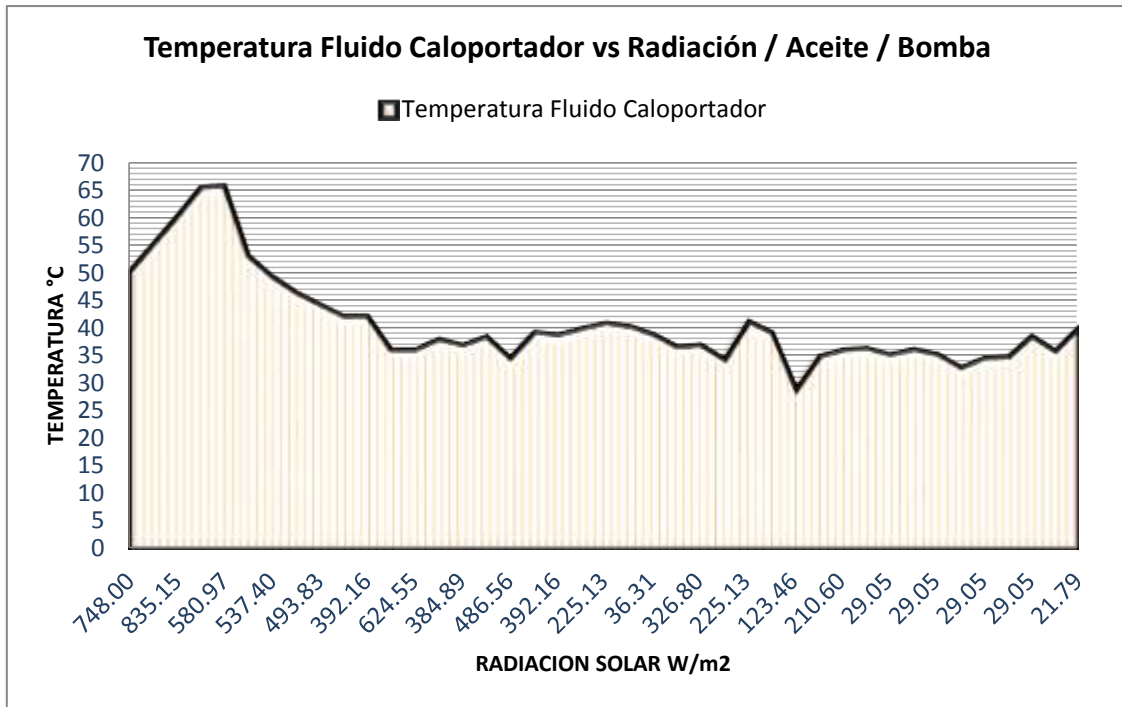


Figura 3.3, Gráfica del comportamiento del fluido caloportador agua - radiación solar en W/m<sup>2</sup>, en el mismo instante.



**Figura 3.4,** Gráfica del comportamiento del fluido caloportador aceite - radiación solar en  $W/m^2$ , en el mismo instante.

En la siguiente figura 3.4 podemos observar el mismo tipo de gráfico que el anterior resultado (fluido agua), pero ahora se analiza con aceite térmico como fluido caloportador, el gráfico inicia con un temperatura de  $50^{\circ}C$  para una radiación de  $750 W/m^2$ , y conforme aumenta la radiación hasta  $800 W/m^2$  su temperatura inmediatamente aumenta hasta  $65^{\circ}C$ , en ese instante la radiación empieza a disminuir junto con la temperatura. En cambio, cuando la radiación disminuye bajo los  $100 W/m^2$  la temperatura igual se encuentra en una media de  $40^{\circ}C$  esto puede ocurrir por que la temperatura ambiente no decrece más allá de los  $35^{\circ}C$ , es decir ayuda que el fluido no pierda más temperatura.

### 3.1.1 Análisis térmico del fluido en el Tanque de almacenamiento.

El siguiente análisis se determina el comportamiento de la temperatura en el interior del tanque de almacenamiento.

En la figura 3.5 podemos observar la diferencia de temperatura que existe en el fluido el parte superior del tanque y la temperatura en la parte más baja del tanque, esta diferencia se la compara con las diferentes horas a lo largo del día, en este gráfico podemos observar que la diferencia de temperatura es alta por la mañana cuando recién se van a registrar los datos, pero empieza a disminuir considerablemente conforme el sistema entra en marcha, al pasar una hora esta diferencia se encuentra entorno a los 4°C o 5°C, por lo en el tanque está ingresando agua a mayor temperatura proveniente del sistema de calentamiento, esta media se mantiene a lo largo del día, inclusive llega a ser menor a 1°C cerca de las 14H00 cuando se alcanza el mayor pico de radiación de ese día. Cabe indicar que este análisis se lo realizo utilizando el agua como fluido de trabajo.

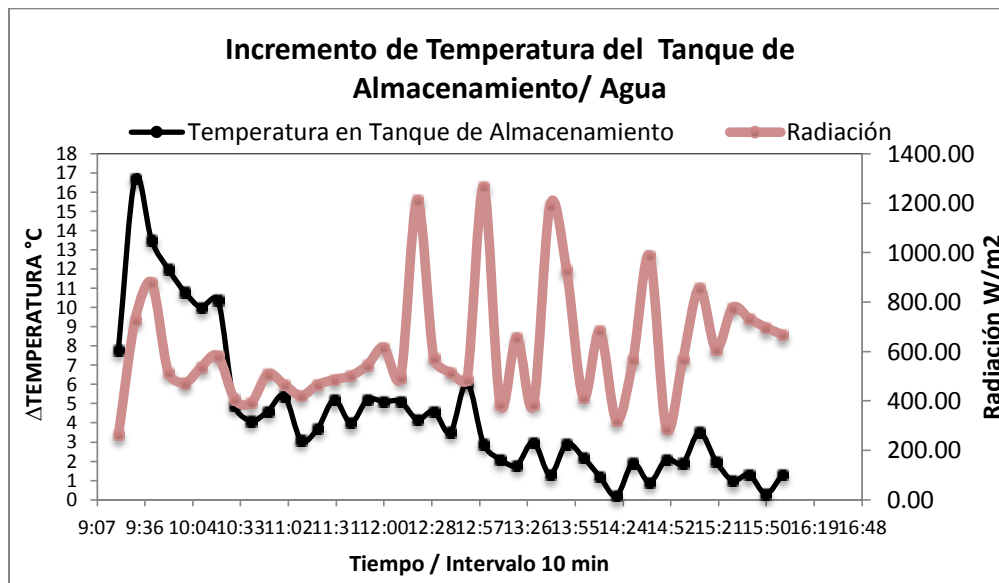
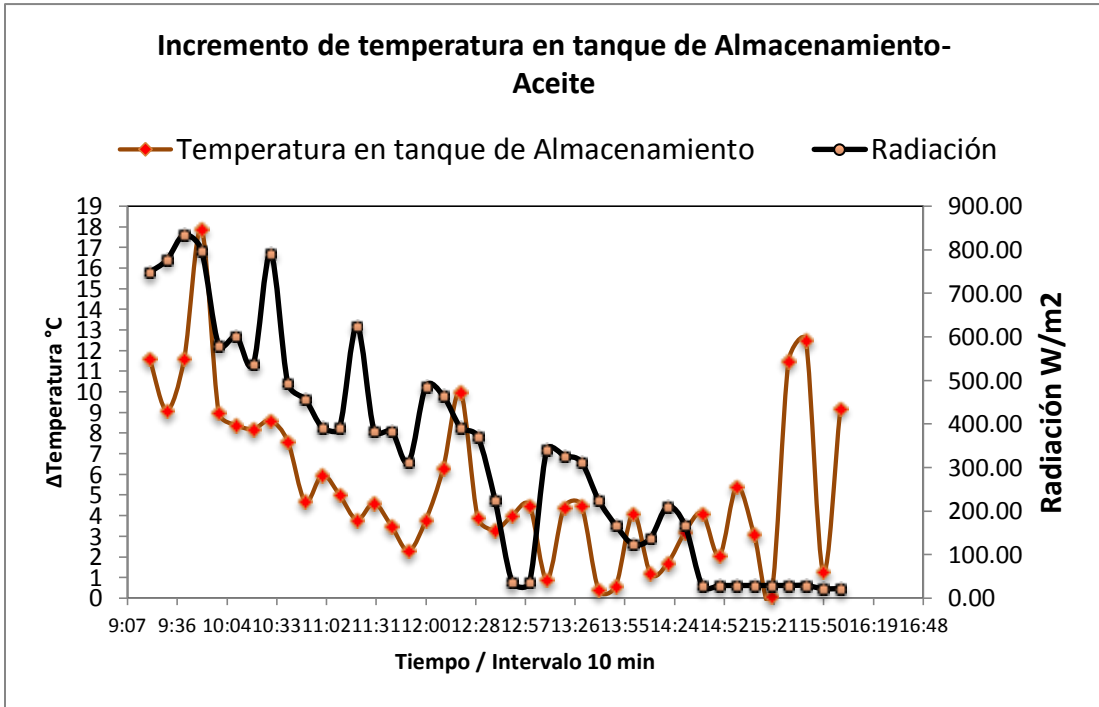


Figura 3.5, Gráfica del comportamiento dentro del agua como fluido dentro tanque de almacenamiento vs el tiempo a diferentes horas del día, en el mismo instante.





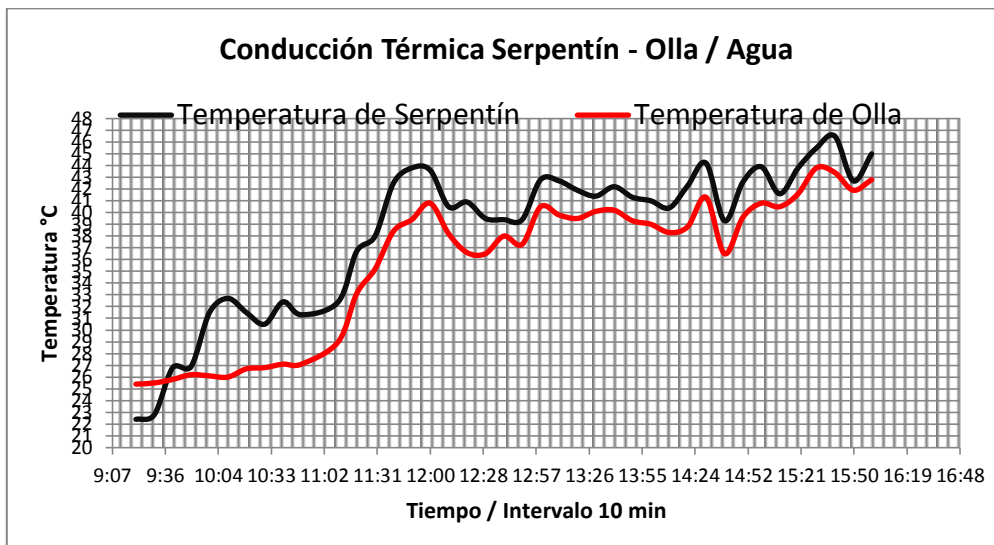
**Figura 3.6,** Gráfica del comportamiento dentro del aceite térmico como fluido dentro tanque de almacenamiento vs el tiempo a diferentes horas del día, en el mismo instante.

En la figura 3.6 observamos el mismo tipo de gráfico que el anterior pero cambiando el tipo de fluido (aceite), en este día hubo una radiación irregular. Se registra diferencias de temperaturas de 11°C y conforme el sistema entra en marcha, la temperatura va disminuyendo, esto se debe también a que la temperatura que ingresa al tanque es mucho mayor que la temperatura de salida del fluido al sistema. A cabo de la 13H00 ocurren diferencias de temperaturas muy cambiantes, esto se debe a que se registraron radiaciones intermitentes durante la tarde de ese día, pero podemos apreciar que en los puntos donde la diferencia de temperatura es casi nula, se dio por motivo que en ese instante ocurrieron incrementos de temperaturas de más de 700 W/m<sup>2</sup>.

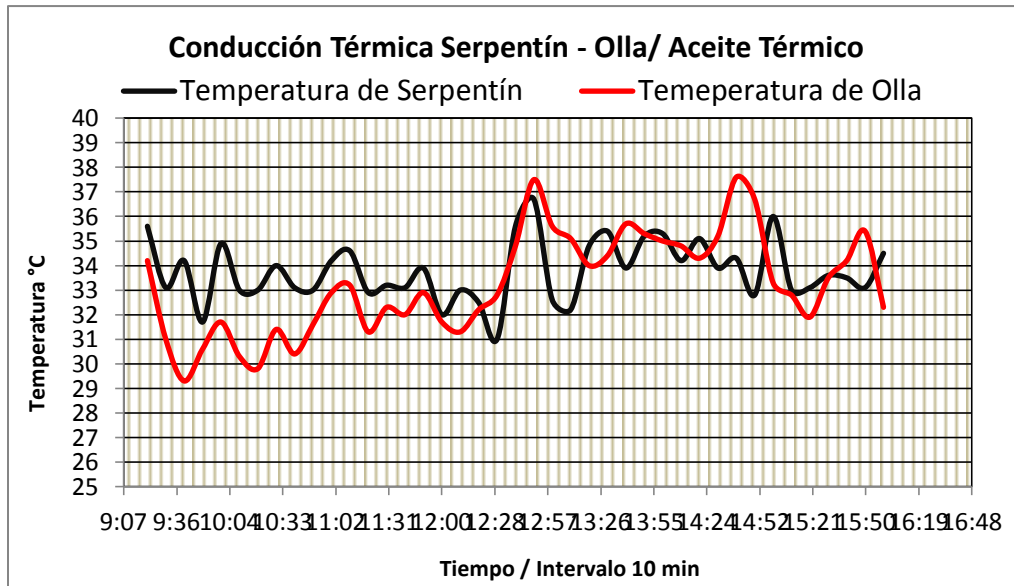
### 3.1.2 Conducción térmica del serpentín al recipiente para cocción.

Para realizar un análisis de los gráficos en las figuras 3.7 y 3.8 debemos de aclarar que se lo realizó bajo el mismo sistema de bombeo y se presentaron parecidas condiciones térmicas en los dos días de análisis , lo que se desea interpretar es la diferencia que existe al trabajar con los 2 diferentes fluidos agua y aceite térmico. Se ha analizado el comportamiento térmico que existe entre la temperatura de la hornilla cilíndrica solar y la temperatura en el interior de la olla en el fluido de cocción específicamente.

Observando la figura 3.7, trabajó con agua, podemos observar que la temperatura del agua dentro de la olla posea idéntico comportamiento que la temperatura en la hornilla, es decir conforme incrementa la temperatura en la hornilla ocurre lo mismo en la olla e igualmente cuando disminuye la temperatura. En este caso la temperatura máxima que alcanzó el agua en la olla fue de 45°C. Cabe indicar que se presenta los resultados de un día soleado.



**Figura 3.7**, comportamiento de las temperaturas del serpentín y la temperatura del agua dentro del recipiente de cocción. Utilizando agua como fluido caloportador.



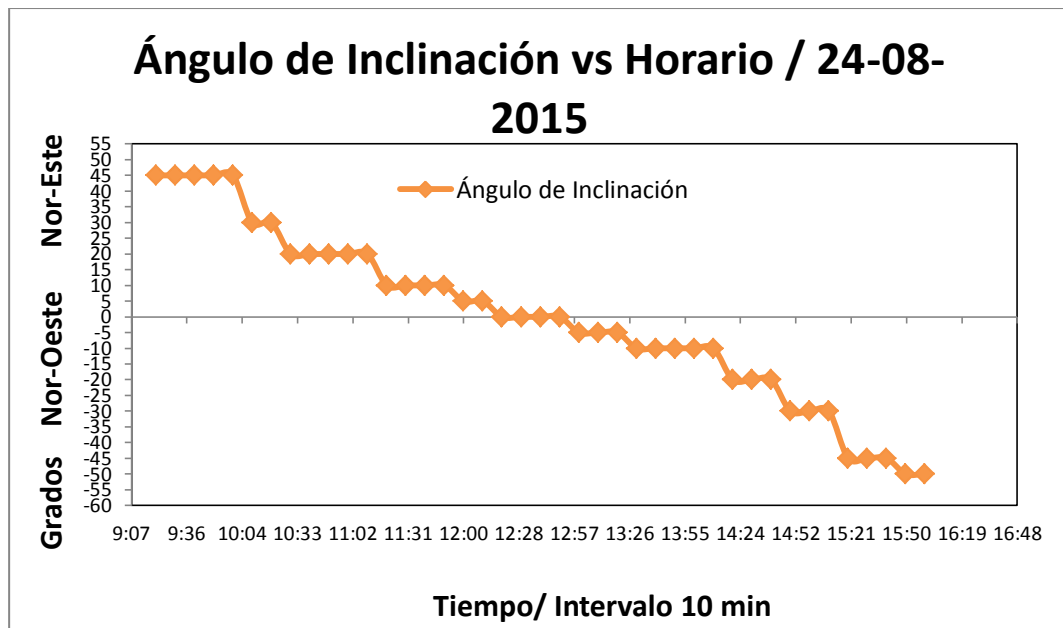
**Figura 3.8,** Gráfica del comportamiento de las temperaturas del serpentín y la temperatura del agua dentro del recipiente de cocción. Utilizando aceite térmico como fluido caloportador.

La figura 3.8 se analiza el comportamiento del aceite térmico, cuyo es bastante similar al del gráfico anterior, pero con una pequeña diferencia dado que las capacidades caloríficas del aceite y del agua son bastante diferentes. El aceite se calienta muy rápido conforme aumenta la radiación solar, en ese instante el agua en la olla no aumenta su temperatura sino unos minutos después (13H00 hasta las 16H00), por ese motivo se observan desfases entre ambas curvas, de la misma manera el agua en la olla tarda mucho más tiempo que el aceite en disminuir su temperatura.

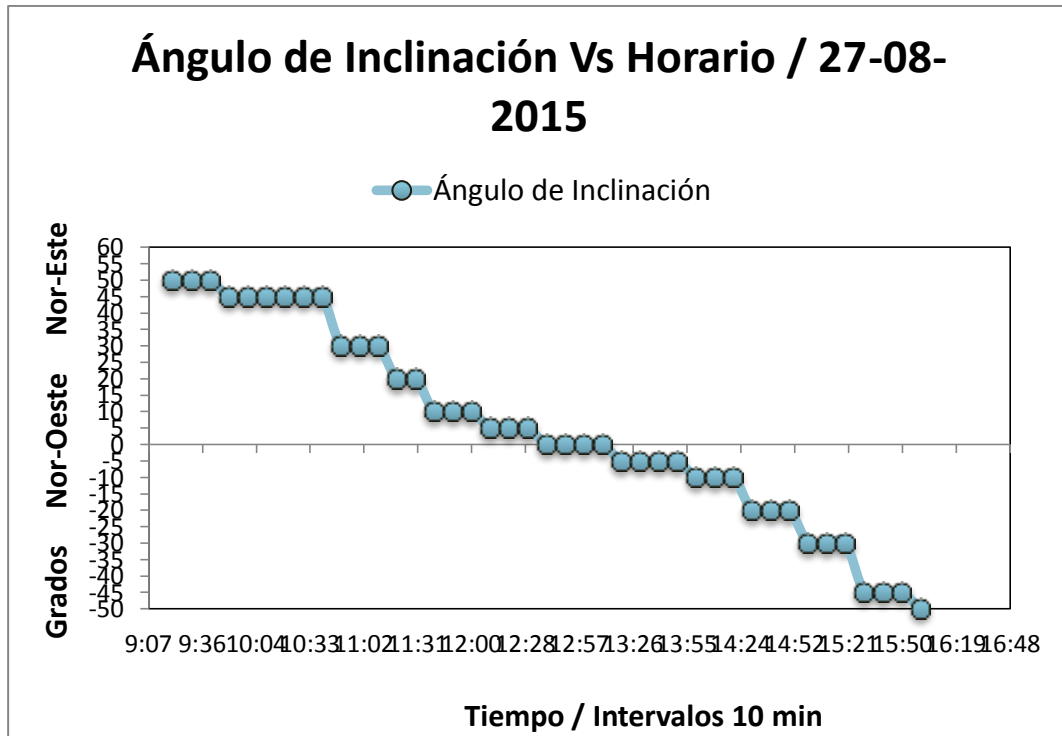
### 3.2 Posicionamiento del ángulo de inclinación del CCP.

En esta sección se muestra las medidas de la variación del Angulo registrada en el colector cilíndrico parabólico para las distintas horas del día como ya es de conocimiento el Sol sale por el Este de los puntos cardinales y el ocaso por el Oeste, es decir que el concentrador debe dirigirse hacia el Nor-Este durante la mañana y por la tarde al Nor-Oeste.

En la gráfica 3.9 podemos observar que desde las 9H00 hasta las 10H00 el colector debe tener una inclinación de  $45^\circ$  con respecto al plano vertical perpendicular al suelo. Al transcurso del día el ángulo se va cambiando entre  $10^\circ$  a  $15^\circ$  cada hora hasta el mediodía, Desde las 12H00 hasta las 13H00 el concentrador deber estar paralelo al suelo. A partir de las 13H00 se repite las mismas magnitudes angulares que en la mañana, pero en sentido opuesto hacia el Nor-Oeste.



**Figura 3.9,** Gráfica de la variación del ángulo de inclinación del concentrador a diferentes horas del día.



**Figura 3.10**, Gráfica de la variación del ángulo de inclinación del concentrador a diferentes horas del día.

En la figura 3.10 se analiza un día completamente distinto inclusive con valores de radiaciones completamente diferentes, pero se presenta la misma situación, la variación del ángulo es similar con respecto al día, entonces esta gráfica nos sirve para validar el hecho que el ángulo cambia de  $10^{\circ}$  a  $15^{\circ}$  cada hora.

### 3.3 Análisis Económico de costos.

Para el análisis de costos del Sistema de cocción híbrido, se ha iniciado considerando el total de materiales y fungibles que se utilizaran para la construcción de este tipo de sistemas. En la tabla 3.1 se detallan cada material y su cantidad necesaria, así como se especifica las dimensiones requeridas, el precio unitario y el precio total para cada ítem todos estos valores fueron adquiridos del mercado ecuatoriano y a precio minorista.

En la segunda parte de la tabla se detalla la mano de obra necesaria para la construcción del equipo así como el tiempo mínimo en el que pueden realizar este trabajo.

**Tabla 3.1,** Para la construcción del sistema de cocción de la cocina híbrida.

<b>Materiales de construcción de la cocina híbrida.</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (\$)</b>	<b>Precio final (\$)</b>
Plancha de acero inoxidable de 2450mmx1220mmx1mm	U	1	99.88	99.88
Tanque de almacenamiento	U	1	5.00	5.00
Tubo cuadrado hueco 25mmx25mmx2mm	U	3	6.58	19.74
Varilla cuadrada de 10mm x 1mm	U	1	4.55	4.55
Cañería de Cobre de 1/2" de diámetro	U	1	17.50	17.50
Cañería de Cobre de 3/8" de diámetro	U	1	24.80	24.80
Cañería de acero galvanizado de 1/2" de diámetro	U	2	7.14	14.28
Codos de acero galvanizado de 90° de 1/2"	U	2	0.50	1.00
Codos de acero galvanizado de 45° de 1/2"	U	2	0.50	1.00
Uniones de acero galvanizado de 1/2"	U	2	0.50	1.00
Uniones de cobre de 1/2" a 3/8"	U	2	0.50	1.00
Tuvo aislante Armaflex 1/2"	U	6	4.00	24.00

Aceite Térmico Lubetek	Gal	5	17.80	89.00
Fungibles	U	1	15.00	15.00
Resistencia eléctrica de Niquel-Cromo 6" de diámetro.	U	1	10.00	10.00
Termostato	U	1	2.00	2.00
Tubo de vidrio 1" de diámetro.	U	1	16.80	16.80
1 bomba de 1/4 hp	U	1	180.00	180.00
1 válvula de paso de 1/2"	U	1	1.50	1.50
<b>SUB-TOTAL \$</b>				527.55
<b>IVA</b>				63.30
<b>TOTAL A PAGAR \$</b>				590.85

<b>Mano de obra para la construcción de 1 cocina híbrida.</b>				
Descripción	Cantidad	Días laborales	Costo Persona (\$/d)	Costo final (\$/d)
Mano de Obra de construcción	2	2	29.60	118.40
<b>SUB-TOTAL \$</b>				118.40
<b>IVA</b>				14.20
<b>TOTAL A PAGAR \$</b>				<b>132.60</b>

<b>COSTO TOTAL DE UNA SISTEMA HÍBRIDO DE COCCIÓN</b>	
SUB-TOTAL	132.60+590.85
TOTAL	\$ 723.456

# CAPITULO 4

## **4. Discusión y Conclusiones.**

Una vez analizado cada uno de los capítulos anteriores, a través del análisis de la mejor alternativa teórica y experimental del diseño, procedemos a concluir las experiencias ganadas y observadas durante este trabajo.

### **4.1 Conclusiones**

En la sección 3.1 se analiza el sistema de recirculación para comprobar experimentalmente, si en las alternativas de diseño, la bomba fue la mejor selección, en la figura 3.1 podemos observar que la temperatura aumenta con la radiación, utilizando agua como fluido de trabajo, pero no alcanza temperaturas óptimas para la cocción de los alimentos, inclusive con radiaciones pico de más de 1000 watts, todo esto antes descrito fue utilizando la bomba centrífuga y en la figura 3.2.1 utilizando el sistema de termosifón con el mismo fluido también existe el mismo comportamiento de la temperatura con respecto a la radiación.

En la sección 3.2.1 se analiza el comportamiento del fluido dentro del tanque de almacenamiento, se ha tomado registros de la temperatura tanto en la parte superior e inferior del fluido que se encuentra en el tanque, lo ideal para poder determinar cuál es el mejor sistema de recirculación, es que existan bajos gradientes de temperatura, de esta manera lograr que la temperatura del tanque sea lo más uniforme posible.

El rediseño que se realizó al sistema mecánico del CCP fue positivo debido a que se lograron alcanzar mejores temperaturas y una mejor conservación, podemos decir, si bien es cierto que el fluido no alcanza temperaturas de cocción mayores a 100°C, pero cuando eleva su temperatura obteniendo una media de 60°C, cuando el agua en la olla alcanza los 60° dicha temperatura se mantiene por un tiempo prolongado sin importar como varia la radiación



solar, esto quiere decir que el sistema de cocción solar ha sido bien diseñado debido a que tiene pocas pérdidas de calor.

El sistema eléctrico que se instaló en la cocina fue bien diseñado, debido a que permite a la cocción de los alimentos en un tiempo cercano en comparación en similitud con respecto a las cocinas de GLP.

En el Ecuador, un país con mucho sol con respecto a otros países existe una mayor probabilidad de utilizar la radiación solar de forma directa e indirectamente.

La construcción resulta muy simple y puede hacerse con materiales que se encuentra fácil y directamente en el mercado de construcción ecuatoriano.

Finalmente conviene colaborar con el desarrollo de pequeñas industrias locales que produzcan coloquen y mantengan las instalaciones de calentadores por medio de la energía solar.

Dando como resultado que las diferencias de temperaturas más bajas se presenta en un día soleado utilizando la bomba constantemente para obtener un flujo constante y no pulsante como sucede en el termosifón.

Con respecto a la mejor selección del fluido, en la figura 3.3, para radiaciones altas de más de 1000 vatios el fluido alcanzo un pico de 55°C, bajo las mismas condiciones de recirculación en la figura 3.4 se pudo observar, que, con radiaciones entre 800-900 W/m<sup>2</sup> el fluido en un lapso de tiempo (10 minutos) alcanza temperaturas superiores a 65°C. Con la evidencia de estos gráficos y la comparación de las propiedades físicas y químicas en la tabla 2.1, se puede determinar que el aceite térmico, trabaja de una mejor forma en comparación al agua, por lo cual en nuestro sistema se decidió trabajar con lubetek.

Para fortalecer esta decisión en la sección 3.2.2 se puede observar la figura 3.7 utilizando agua y en la figura 3.8 utilizando lubetek, notando en la primera que el agua en la olla aumenta su temperatura conforme incrementa la misma

en el serpentín, ambas curvas en esta graficas son parecidas, pero con un pequeño desafío térmico, en la segunda figura cuando cambia el fluido en el serpentín por aceite la temperatura en la olla incrementa muy rápidamente y se mantiene en una media de 40°C inclusive cuando lubetek pierde temperatura debido a la radiación.

Para la discusión del ángulo de inclinación, en la figura 3.9 y 3.10 se analiza como varia el ángulo conforme transcurre el tiempo, dado que tomaron datos en intervalos de 10 minutos partiendo desde las 9:20 podemos decidir que habría que cambiar el ángulo de inclinación de 10° a 15° cada hora para lo cual se recomendaría instalar un sistema mecánico para controlar dicha variación.

#### **4.2 Recomendaciones.**

Para mejorar el sistema hibrido y no depender de un sistema eléctrico por el sistema de bombeo, se podría realizar una restructuración en el sistema de circulación de las tuberías, para poder implementar el sistema de termosifón debería existir una inclinación con respecto a la línea de tierra no mayor a 30°.

También podría fortalecer este sistema aumentando la longitud del concentrador y por ende el receptor, esto serviría para obtener una mayor área de incidencia de los rayos solares y por ende aumentaría el calor a la salida del concentrador.

En la cocina hibrida, específicamente en la hornilla solar sería aconsejable que el equipo de cocción tenga las mismas condiciones que el serpentín, para que de esta manera disminuir la perdidas térmicas y obtener una mejor eficiencia en el calentamiento del equipo.

El sistema hibrido debe ser instalado en localidades donde se registren mayor radiación con respecto a 800 W/ m<sup>2</sup> por lo menos durante la mitad del día, para asegurar de esta manera su funcionamiento.

La ubicación adecuada del sistema híbrido debe de ser en dirección norte, las mejores épocas del año en las que el sistema híbrido brindaría mejores beneficios serian en el mes de marzo, agosto, septiembre y octubre.

En los meses de febrero, mayo, junio y diciembre, el colector no brindaría los mejores resultados debido a que el sol tendría las siguientes posiciones generales en el Ecuador. Febrero lado sur, Mayo lado norte, Junio extremadamente al norte y diciembre extremadamente al sur.

## **Bibliografías.**

- Javier Méndez Muniz, Rafael Cuervo Garcia (1995). Energía Solar Térmica. ECA. Instituto de tecnología y formación.
- Pedro Rufes Martínez (2010), Energía Solar Térmica, técnicas para su aprovechamiento.
- Instituto ecuatoriano de normalización / Norma técnica ecuatoriana / NTE INEN 2851 2014-06 “Utensilios de cocina. Recipientes domésticos usados sobre hornillas, cocinas o placas de calentamiento. requisitos y métodos de ensayo”
- Instituto ecuatoriano de normalización / GPE INEN 18, “Guía práctica calentador solar. Construcción de unidades económicas para la vivienda”.
- Instituto ecuatoriano de normalización / Norma técnica ecuatoriana / NTE INEN-ISO 9488 Primera edición 2014-01 “Energía solar. Vocabulario (ISO 9488:1999, IDT)”.
- Funk, P. A., "Evaluating the international standard procedure for testing solar cookers and reporting performance", Solar Energy, vol. LXVIII, núm. 1, 2000, págs. 1-7
- Incropera, Frank P; Dewitt, David P. Fundamentos de transferencia de calor. Cuarta Edición. PRENTICE HALL, México, 1999.
- Delgado, Emerita; Peralta, Juan; Barriga, Alfredo, “Diseños de cocinas solares para la aplicación en sectores rurales del Ecuador”, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción FIMCP-ESPOL, 2006.
- Ciemat. (s.f.). Energía Solar Térmica. (Sexta). España: CEDDET.
- Creus, A. (2009). *Energías Renovables* (Segunda ed.). España: CEYSA. CANO PINA .

- Egan Aguirre, J. M. (2006). Instructivo para el desarrollo de protocolo de medición y evaluación. *Universidad Nacional de Tres de Febrero*. pag, 1-12.
- Fernández, P. (2003). *Procesos Termosolares en baja, media y alta temperatura*. Universidad de Cantabria , Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética
- Juan Hermosillo, D. G. (1995). *Notas sobre curso de Energía Solar* (Primera ed.). (D. d. Ingeniería, Ed.) Tlaquepaque, Jalisco, Mexico : Instituto Tecnológico y de Estudios Superiore de Occidente.
- Jutglar, L. (2004). *Energía Solar* (Primera ed.). Barcelona, Cataluña, España : CEAC.

## APÉNDICES.

### Apéndice A

<b>Mañana</b>	Soleada
<b>Tarde</b>	Nublada
<b>Temperatura</b>	°C

<b>Tambiente</b>	30
<b>Factor</b>	$13,77 \times 10^{-6}$ V/w m <sup>-2</sup>
<b>Fecha</b>	27/08/2015

<b>Bomba</b>	Activada
<b>Fluido</b>	Aceite

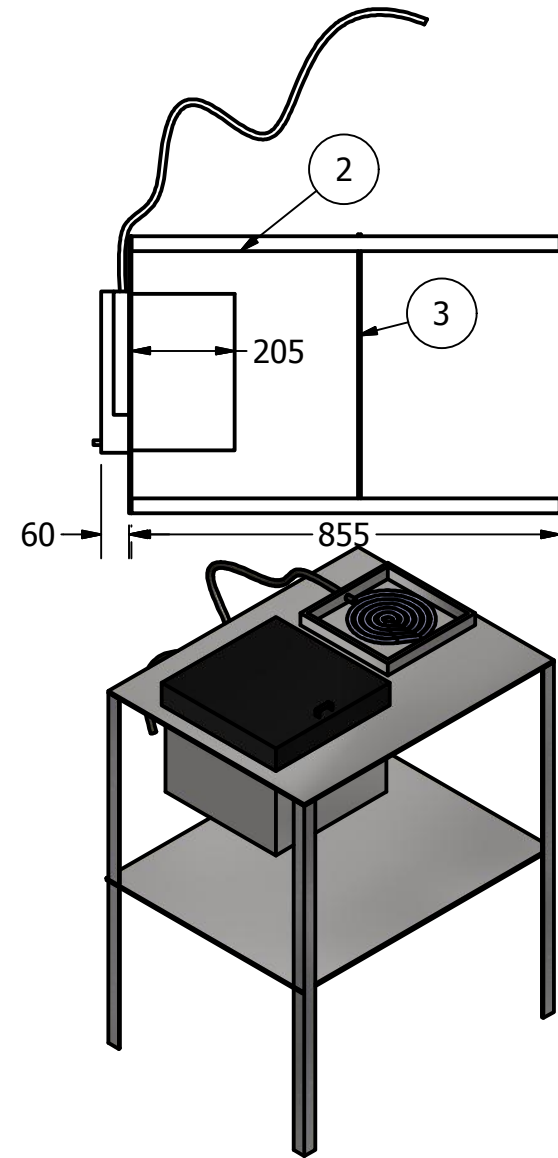
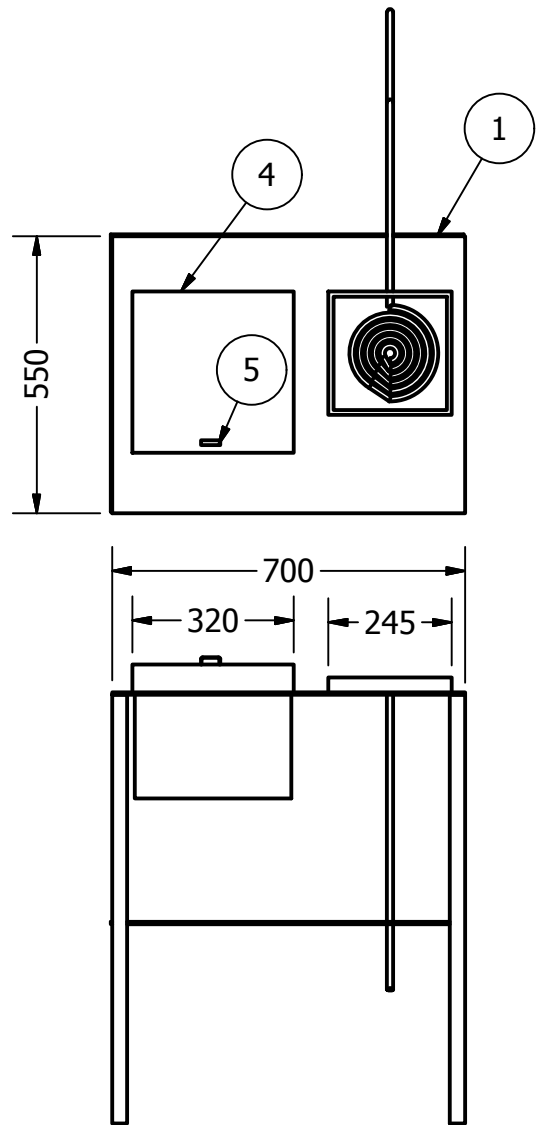
**Fecha:** 07/09/2015

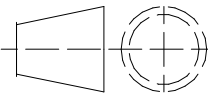
Tiempo	Temperatura del tanque		Delta T	Temperatura ambiente	TEMPERATURA ENTRADA		TEMPERATURA SALIDA		T serpentín	Radiación mv	Radiación W/m2	Ángulo (teta)	OLLA CON AGUA (T)
	T base	T arriba			FLUIDO	TUBO	FLUIDO	TUBO					
9:20	33,9	45,5	11,6	32.2	40	58.4	50.3	68.2	35,6	10,3	748,00	50	34,2
9:30	33,3	42,4	9,1	32.3	40.4	60.4	55.3	69.4	33,1	10,7	777,05	50	31
9:40	32,7	44,3	11,6	31.9	41.9	65.7	60.2	77.5	34,2	11,5	835,15	50	29,3
9:50	32	49,9	17,9	31.6	49.6	73.8	65.6	89	31,7	11	798,84	45	30,6
10:00	32,6	41,6	9	31.4	47.5	64.4	65.8	88.9	34,9	8	580,97	45	31,7
10:10	32,1	40,5	8,4	29.9	39.2	53	53.1	65.1	33	8,3	602,76	45	30,3
10:20	33,6	41,8	8,2	29.9	37.7	51	49.4	59	33	7,4	537,40	45	29,8
10:30	32,7	41,3	8,6	32	36.5	49.5	46.5	55.3	34	10,9	791,58	45	31,4
10:40	32,7	40,3	7,6	30	37	48	44.4	51.1	33,1	6,8	493,83	45	30,4
10:50	34	38,7	4,7	30.4	34.7	45.3	42.3	49.3	33	6,3	457,52	30	31,6
11:00	33,1	39,07	5,97	32.4	35.9	44.5	42.3	47.4	34,2	5,4	392,16	30	32,9
11:10	34,7	39,7	5	30.5	35.6	37.5	36.2	44.2	34,6	5,4	392,16	30	33,2
11:20	35,6	39,4	3,8	30.1	34.2	39.1	36.2	40.1	32,9	8,6	624,55	20	31,3
11:30	34,5	39,1	4,6	31.2	34.1	40.3	38.1	44	33,2	5,3	384,89	20	32,3
11:40	36	39,5	3,5	29.6	33.8	49.6	37	41.8	33,1	5,3	384,89	10	32

11:50	35,9	38,2	2,3	30.2	35.3	40.9	38.6	42.7	33,9	4,3	312,27	10	32,9
12:00	33	36,8	3,8	29.4	33	40.7	34.7	41.8	32	6,7	486,56	10	31,7
12:10	34,3	40,6	6,3	30.1	34.9	43.1	39.4	46.5	33	6,4	464,78	5	31,3
12:20	31,7	41,7	10	28.5	33.5	37	38.9	45	32,5	5,4	392,16	5	32,2
12:30	34,8	38,7	3,9	31.7	35.3	43.1	40	47.7	31	5,1	370,37	5	32,8
12:40	34,9	38,2	3,3	31.7	36.2	42.1	41	44.6	35,6	3,1	225,13	0	34,8
12:50	35,4	39,4	4	32.2	35.1	38.8	40.4	43	36,7	0,5	36,31	0	37,5
13:00	33,4	37,9	4,5	31.8	33.9	38.6	39	38	32,6	0,5	36,31	0	35,6
13:10	34,9	34	0,9	30.9	28.9	40.1	36.7	40.5	32,2	4,7	341,32	0	35,1
13:20	34,6	39	4,4	30.8	34.7	37.7	37	41.5	34,8	4,5	326,80	-5	34
13:30	35,2	39,7	4,5	33.1	34	45.3	34.4	41.9	35,4	4,3	312,27	-5	34,4
13:40	38	37,6	0,4	33.1	36.9	42.4	41.3	44.4	33,9	3,1	225,13	-5	35,7
13:50	37,1	36,5	0,6	32.5	35.9	39.1	39.3	42	35,2	2,3	167,03	-5	35,3
14:00	32,3	36,4	4,1	32.3	38.2	31.8	29	36.4	35,3	1,7	123,46	-10	35
14:10	34,7	35,9	1,2	31.9	33.3	39.7	35.	38.5	34,2	1,9	137,98	-10	34,8
14:20	34,1	35,8	1,7	30.6	32	35.6	36.2	37.7	35,1	2,9	210,60	-10	34,3
14:30	33,7	36,9	3,2	30.9	31.6	35.5	36.4	39.3	33,9	2,3	167,03	-20	35,2
14:40	31,5	35,6	4,1	30.3	31	35.7	35.3	38	34,3	0,4	29,05	-20	37,6
14:50	33,1	31,04	2,06	31.3	33.1	35.9	36.3	36.2	32,8	0,4	29,05	-20	36,7
15:00	40,6	35,2	5,4	31.6	31.2	30	35.4	36.3	36	0,4	29,05	-30	33,3
15:10	33,2	30,1	3,1	30	31.7	35.4	33	38.8	33	0,4	29,05	-30	32,8
15:20	34	33,9	0,1	30.1	32.7	34.1	34.7	34.2	33,1	0,4	29,05	-30	31,9
15:30	40,1	28,6	11,5	33.2	37.7	30.8	34.9	36.9	33,6	0,4	29,05	-45	33,5
15:40	29,3	17,2	12,5	28	33.9	33	38.7	37.3	33,5	0,4	29,05	-45	34,2
15:50	22	23,3	1,3	22.4	21.3	23.4	36	24.8	33,1	0,3	21,79	-45	35,4
16:00	20	29,2	9,2	19.3	20.4	38.1	40.2	25.2	34,5	0,3	21,79	-50	32,3

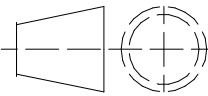
# **Planos esquemáticos.**

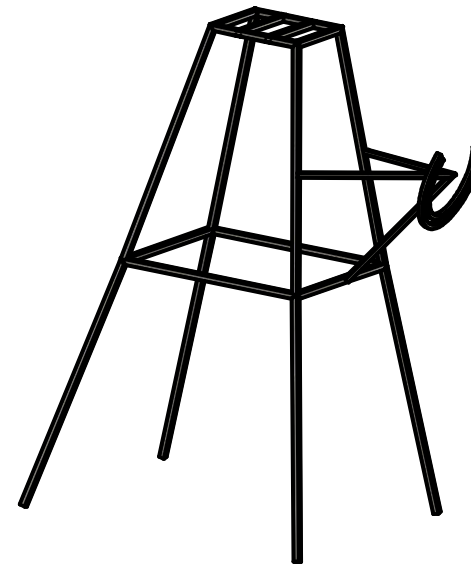
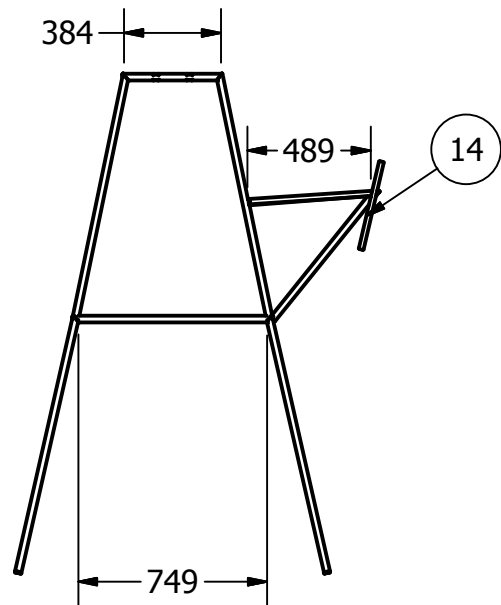
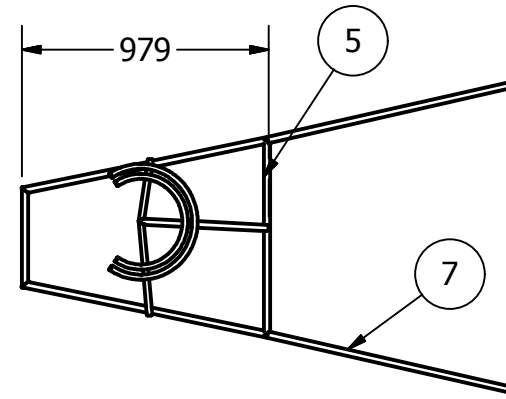
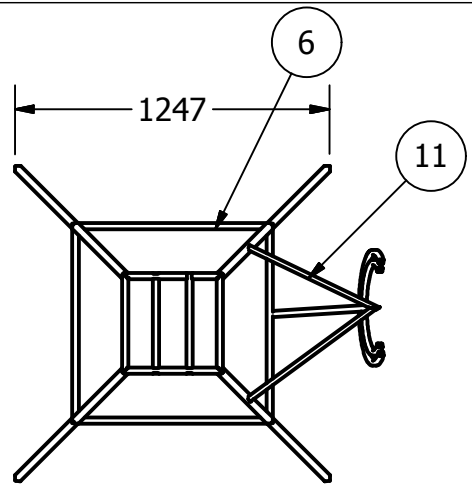


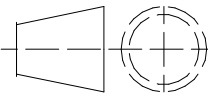


	Integrantes:	J. Bruque A.	A. Nieto F.	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL. MATERIA INTEGRADORA
	Tutora:	Dra. Emerita Delgado		
	Coordinadora:	Dra. Emerita Delgado		
Escala: 1:15	<b>Cocina híbrida, solar y electrica.</b>			Nº. 1:7

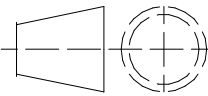
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	PARTE SUPERIOR DE LA MESA	Acero inoxidable
2	4	SOPORTES DE MESA	Angulo
3	1	PARTE INFERIOR DE LA COCINA	Acero inoxidable
4	1	TAPA DE LA COCINA	Platina de acero
5	10,000 mm	JIS G 3350A - 1041 38x15x15-10	Canal de acero ligero

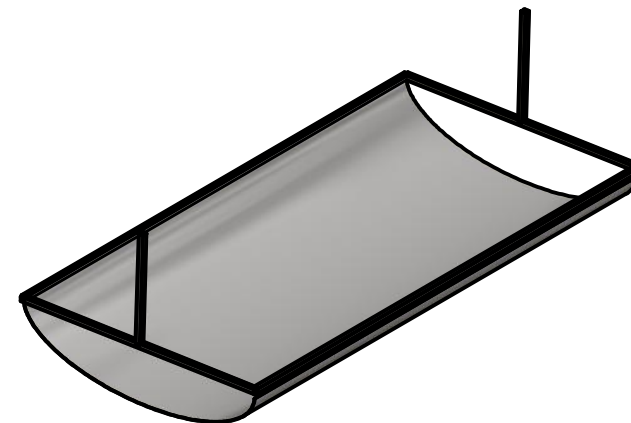
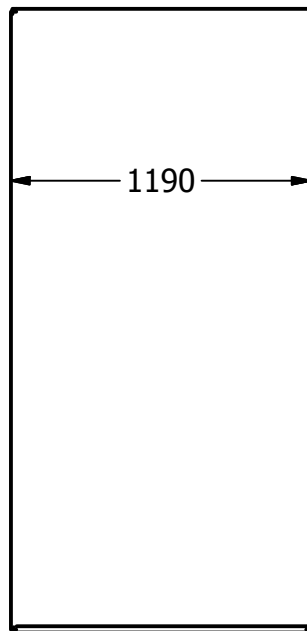
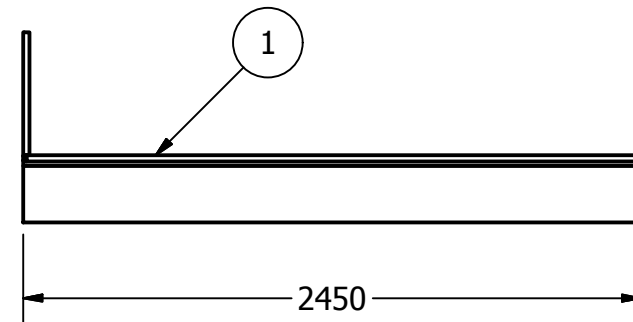
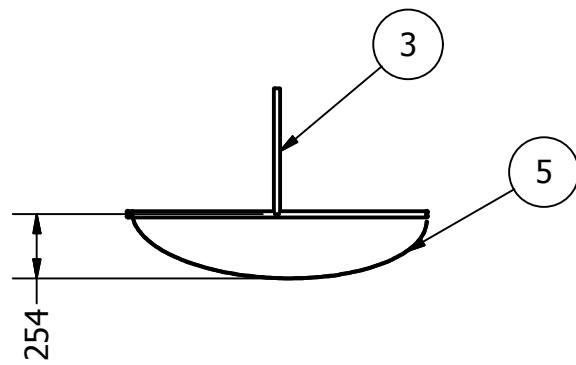
	Integrantes:	J. Bruque A.	A. Nieto F.	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL. MATERIA INTEGRADORA
	Tutora:	Dra. Emerita Delgado		
	Coordinadora:	Dra. Emerita Delgado		
Escala:	Partes de la cocina híbrida, solar y electrica.			Nº. 2:7

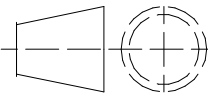


	Integrantes:	J. Bruque A.	A. Nieto F.	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL. MATERIA INTEGRADORA
	Tutora:	Dra. Emerita Delgado		
	Coordinadora:	Dra. Emerita Delgado		
Escala: 1:30	Estructura de apoyo del tanque de almacenamiento.			N <sup>o</sup> . 3:7

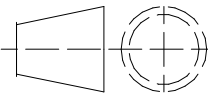
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
5	777,705 mm	EN 10210-2 - 25 x 25 x 2 - 777,70470297	Tubo
6	776,518 mm	EN 10210-2 - 25 x 25 x 2 - 776,51799594	Tubo
7	4679,292 mm	EN 10210-2 - 25 x 25 x 2 - 1169,82298486	Tubo
11	570,676 mm	EN 10210-2 - 20 x 20 x 2 - 577,83414012	Tubo
14	950,352 mm	EN 10210-2 - 20 x 20 x 2 - 950,352	Tubo

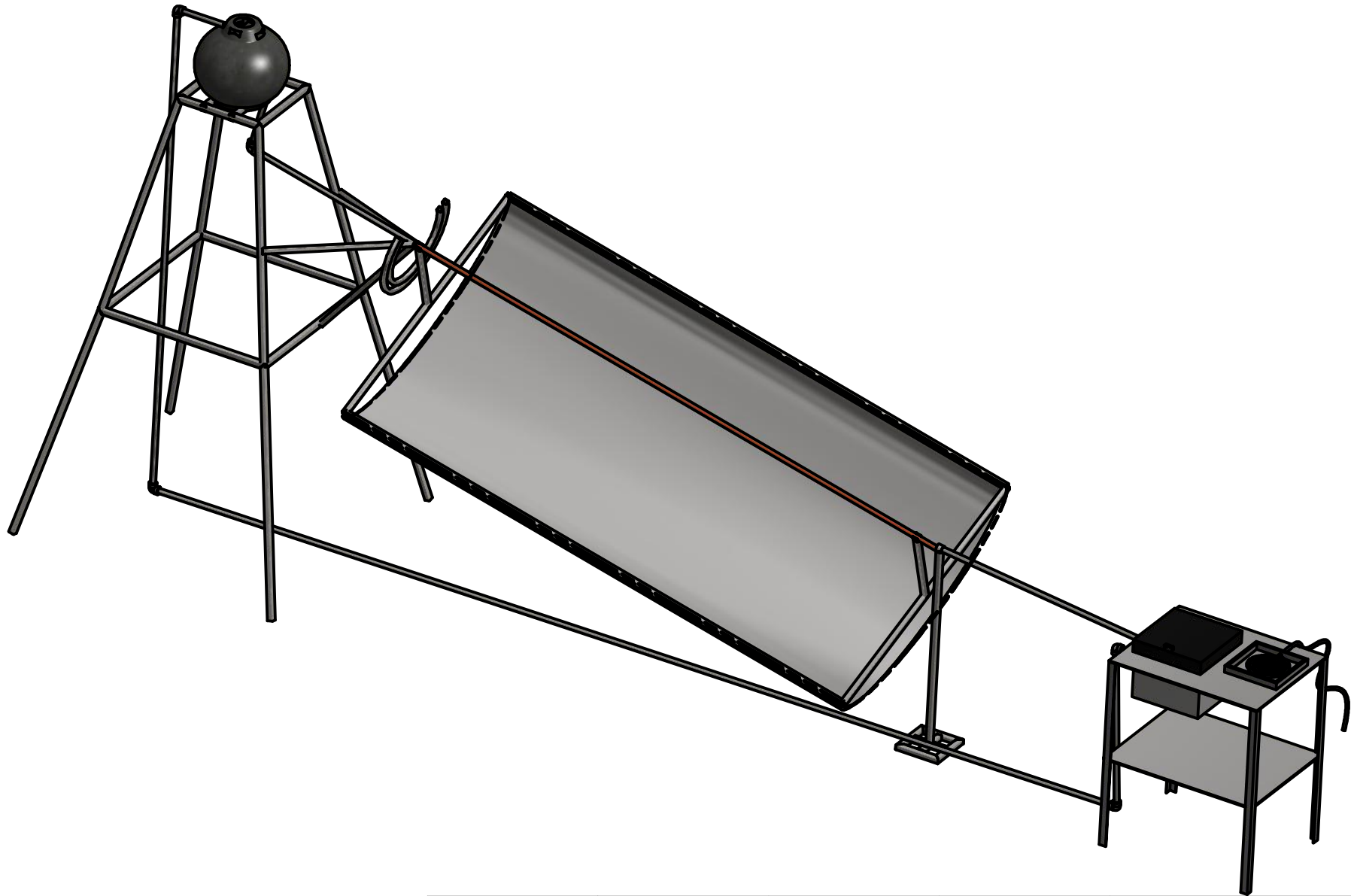
	Integrantes:	J. Bruque A.	A. Nieto F.	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL. MATERIA INTEGRADORA
	Tutora:	Dra. Emerita Delgado		
	Coordinadora:	Dra. Emerita Delgado		
Escala:	Descripción de materiales de la estructura de apoyo			Nº. 4:7

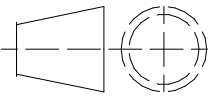


	<b>Integrantes:</b>	J. Bruque A.	A. Nieto F.	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL. MATERIA INTEGRADORA
	<b>Tutora:</b>	Dra. Emerita Delgado		
	<b>Coordinadora:</b>	Dra. Emerita Delgado		
<b>Escala:</b> 1:30	<b>Colector cilíndrico parabólico</b>			<b>Nº.</b> 5:7

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	4900,000 mm	DIN EN 10219-2 - 25 x 25 x 2 - 2450	Perfiles huecos para construcción conformados en frío de acero no aleado y de grano fino
3	1000,000 mm	DIN EN 10219-2 - 25 x 25 x 2 - 500	Perfiles huecos para construcción conformados en frío de acero no aleado y de grano fino
5	1	PLANCHA METALICA	

	Integrantes:	J. Bruque A.	A. Nieto F.	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL. MATERIA INTEGRADORA
	Tutora:	Dra. Emerita Delgado		
	Coordinadora:	Dra. Emerita Delgado		
Escala:	Materiales del colector cilíndrico parabólico			Nº. 6:7



	Integrantes:	J. Bruque A.	A. Nieto F.	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL. MATERIA INTEGRADORA
	Tutora:	Dra. Emerita Delgado		
	Coordinadora:	Dra. Emerita Delgado		
Escala: 1:23	Diseño de la cocina híbrida			N <sup>o</sup> . 7:7