

# Informe Planta Térmica

Presentado por

Grupo 1

Integrado por

Daniel Duarte Giraldo  
José Caviedes Contreras  
Bryan Hernandez Moreno  
Duvan Rodríguez Monzón  
Cristian Delgado Velásquez

Presentado a

Ing. Jimmy Barco Burgos  
Ing. Hernán Mendoza

Seminario de Profundización  
Eficiencia Energética en Planta Térmica y Motor Oxí-Hidrógeno  
Coordinación Ingeniería Mecánica  
Universidad ECCI  
Bogotá

2016

# Tabla de Contenido

<b>Tabla de Figuras</b> .....	<b>3</b>
<b>Listado de Tablas</b> .....	<b>4</b>
<b>1. Introducción</b> .....	<b>5</b>
<b>2. Objetivos</b> .....	<b>6</b>
<b>3. Desarrollo de Objetivos</b> .....	<b>6</b>
3.1.    Sistemas y Subsistemas de la Planta Térmica.....	6
3.1.1. Subsistema de la Bomba .....	8
3.1.2. Subsistemas de la Caldera .....	10
3.1.3. Subsistemas de la Turbina .....	13
3.1.4. Subsistemas del Condensador .....	16
3.2.    Costos Asociados con el Funcionamiento.....	17
3.2.1. Costos de Combustible.....	17
3.2.2. Costos de Electricidad .....	18
<b>4. Conclusiones</b> .....	<b>21</b>
<b>5. Referencias</b> .....	<b>22</b>

# Tabla de Figuras

<b>1. Figura 1 (Principio de funcionamiento Ciclo Rankine) .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Figura 2 (Medidas del consumo de combustible) .....</b>	<b>17</b>

# Listado de Tablas

1. Tabla 1. Sistemas y subsistemas de la Planta Térmica .....	7
2. Tabla 2. Subsistema de la Bomba .....	9
3. Tabla 3. Subsistema de la Caldera. ....	11
4. Tabla 4. Subsistema de la Turbina. ....	13
5. Tabla 5. Subsistema del Condensador. ....	16
6. Tabla 6. Costos de Combustible .....	17
7. Tabla 7. Costos de Electricidad. ....	18

## 1. Introducción

Una planta térmica es un conjunto de varios sistemas que son empleados para la generación de energía eléctrica, estos sistemas cumplen con unas funciones específicas, que son, elevar la presión del fluido (bomba), elevar la temperatura del fluido y evaporarlo (caldera), disminuir la presión del fluido (turbina), disminuir la temperatura del fluido (condensador), estos elementos son el principio del ciclo rankine [1].

La generación de energía eléctrica a partir de la energía calórica surge a través de unas transformaciones de energía (de química a calórica, de calórica a mecánica, de mecánica a eléctrica) [2] en cada subconjunto del sistema de la planta térmica, los cuales tienen una función específica como se mencionó anteriormente.

En la figura 1 se muestra el Ciclo Rankine [3], el cual se basa en la transformación de calor en trabajo para generar potencia, este ciclo usa un fluido que por lo general es agua, este fluido durante todo el proceso es evaporado y condensado de manera alterna, la bomba eleva la presión del fluido y lo guía hacia la caldera en donde se usa un combustible, el cual se quema en la caldera y el calor generado evapora el agua; el fluido ya evaporado sale hacia un distribuidor, que tiene la función de llevar dicho vapor a la turbina, (la cual no funciona con líquidos, solo con gases), el movimiento del vapor mueve la turbina gradualmente, allí ocurre una división del proceso, en la primera división, el eje de la turbina es unido hacia un generador – bien sea por una banda o una cadena- y este empezará a generar la energía eléctrica; en la segunda división, el vapor ya bajo en presión se lleva hacia el condensador en donde se bajan las temperaturas y este vapor se transforma en agua y vuelve a la bomba con baja temperatura y bajas presiones – recordemos que las bombas no pueden trabajar con gases o vapor - .



**Figura 1 (principio de funcionamiento Ciclo Rankine)**



## 2. Objetivos

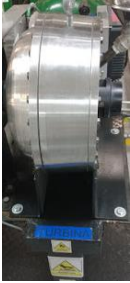

- > Identificación y descripción de los sistemas y subsistemas que conforman la planta térmica.
- > Costos asociados con el funcionamiento de la planta térmica.

## 3. Desarrollo de Objetivos

### 3.1. Sistemas y Subsistemas de la planta térmica.

**Tabla 1. Sistemas y subsistemas de la Planta Térmica.**

<b>Sistema</b>			
<p><b>Ciclo Rankine Simple:</b> ES un ciclo real de potencia, tiene como objetivo la conversión de calor en trabajo [4]; tiene una eficiencia termodinámica limitada al igual que el ciclo Carnot [5], Funciona de manera alterna condensando y evaporando el agua que fluye por el sistema.</p>			
<b>Subsistema</b>			
Elemento	Imagen	Descripción	Información técnica
<b>Bomba</b>		<p>Es una máquina hidráulica que transforma energía mecánica en energía hidráulica, sirve para aumentar la presión de cierto volumen de fluido, su funcionamiento se basa en el accionamiento de un eje, este eje da movimiento a un rotor, el cual genera obstrucciones al movimiento del agua y esto hace que la presión aumente. [6]</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; <b>RPM:</b> 3440</li> <li>&gt; <b>Frecuencia:</b> 60 HZ</li> <li>&gt; <b>Potencia:</b> 1,1kW</li> <li>&gt; <b>Temperatura Máxima:</b> 40° C</li> <li>&gt; <b>Amperaje de operación:</b> 4,09/ 2,04 A</li> <li>&gt; <b>Voltaje:</b> 220/440V</li> <li>&gt; <b>Eficiencia:</b> 82,5%</li> </ul>
<b>Caldera</b>		<p>Es una máquina que transforma energía química en energía calórica para evaporar el agua, es de tipo piro tubular vertical de un paso [7], el combustible llega a la cámara de combustión, se genera una chispa, y este se enciende generando calor en su interior [8].</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; <b>Presión de Diseño:</b> 150 Psi</li> <li>&gt; <b>Presión de Operación:</b> 125 Psi</li> <li>&gt; <b>Combustible:</b> ACPM</li> <li>&gt; <b>Eficiencia:</b> 81-82%</li> </ul>



<p><b>Turbina</b></p>		<p>Es una turbina de vapor multietapa [9] la cual se acciona por el vapor que llega hasta ella gracias al distribuidor de vapor, la turbina al moverse acciona un generador de electricidad [10].</p>	<p><b>&gt;Capacidad de Generación:</b> 2 kW a 6000 RPM</p> <p><b>&gt;Presión de Operación Máxima:</b> 10 Bar</p>
<p><b>Condensador o Torre de Enfriamiento</b></p>		<p>Es un intercambiador de calor que, elimina el exceso de temperatura del fluido a refrigerar mediante un aire seco y frío que circula por la torre, esta torre es de tiro mecánico inducido [11], en el cual el aire es succionado mediante un ventilador situado en la parte superior de la torre.</p>	<p><b>&gt;Medidas:</b> 0,81m de largo, 0,81 m de profundo y 2,32m de Altura.</p> <p><b>&gt;Peso Vacío con alberca:</b> 115Kg.</p> <p><b>&gt;Peso en Operación:</b> 250Kg</p> <p><b>&gt;Caudal Total:</b> 41,4 Gal/min (10m<sup>3</sup>/h)</p> <p><b>&gt;Temperatura de Entrada:</b> 70°C</p> <p><b>&gt;Temperatura de Salida:</b> 40°C</p> <p><b>&gt;Potencia Efectiva:</b> 1'190.476 Btu/h [12]</p> <p><b>&gt;Pérdidas por Evaporación:</b> 1,98 Gal/min (0,45m<sup>3</sup>/h)</p>

### 3.1.1. Subsistema de la Bomba.

**Tabla 2. Subsistema de la Bomba [13].**


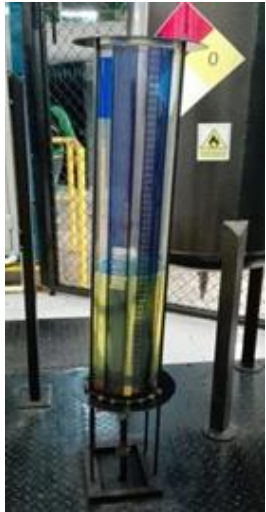

<b>Subsistema</b>			
<p>Es una máquina hidráulica que transforma energía mecánica en energía hidráulica, sirve para aumentar la presión de cierto volumen de fluido, su funcionamiento se basa en el accionamiento de un eje, este eje da movimiento a un rotor, el cual genera obstrucciones al movimiento del agua y esto hace que la presión aumente [6]</p>			
<b>Elemento</b>	<b>Imagen</b>	<b>Descripción</b>	<b>Información técnica</b>
<b>Tanques de almacenamiento de agua</b>		<p>Tanques de forma cilíndrica que son usados para el almacenamiento de agua con presión ambiente o 1 atmósfera.</p> <p>De ahí es llevada el agua hasta la caldera gracias a la bomba y las tuberías.</p>	<p>&gt;<b>Capacidad:</b> 30 Gal.</p> <p>&gt;<b>Contenido:</b> Agua.</p> <p>&gt;<b>Fabricación:</b> Acero al carbón.</p> <p>&gt;<b>Presión:</b> 200 Psi.</p>
<b>Válvula de Alimentación de Agua</b>		<p>Esta válvula o llave de paso permite el ingreso de agua al sistema de toda la planta, funciona girando la llave y dejándola de manera perpendicular con el tubo.</p>	<p><b>válvula de cierre rápido:</b> ¼" de vuelta</p> <p><b>límites de trabajo:</b> -180°C a 10 kg/cm<sup>2</sup> -100°C a 25 kg/cm<sup>2</sup></p>
<b>Contador de Consumo de Agua</b>		<p>Es un dispositivo que nos permite observar si hay paso de agua, sirve para saber cuánto consumo de agua pasa por allí mientras la planta térmica está encendida, su función es saber con facilidad si está pasando agua y determinar la cantidad.</p>	<p>&gt; <b>Caudal Medido:</b> 1.5 m<sup>3</sup>/h</p> <p>&gt;<b>Temperatura de Trabajo:</b> 30 °C</p> <p>&gt;<b>Lectura Máxima:</b> 9999.99998</p> <p>&gt;<b>Lectura Mínima:</b> 0.00002</p> <p>&gt; <b>Rosca del conector:</b> ½"</p>








<p style="text-align: center;"><b>Suavizador de Agua</b></p>		<p>Un suavizador es una máquina que contiene resinas de intercambio iónico o catiónico, con el fin de poder eliminar los minerales que el agua pueda contener, como lo son el calcio y el magnesio, esto se hace para evitar corrosión en las tuberías y posibles daños en el funcionamiento, el agua llega de la bomba y es pasada por las resinas en donde las partículas son atrapadas por un enlace químico que no permite que continúen en el agua y de esta manera sale hacia la caldera para seguir el proceso [29]</p>	<p>&gt;Marca: Disin S.A</p> <p>&gt;Peso del Equipo vacío: 75 Kg</p> <p>&gt;Peso del Equipo en Operación: 370 Kg</p> <p>&gt;Tuberías Principales: <math>\varnothing \frac{3}{4}</math>"</p> <p>&gt;Flujo de Servicio: 11 Gal/min</p> <p>&gt;Tamaño: 14"X 60"</p> <p>&gt;Capacidad: 15 G.P.M</p> <p>&gt;Presión de diseño: 75 Psi</p> <p>&gt;Presión de Operación: 50 Psi</p>
<p style="text-align: center;"><b>Manómetros</b></p>		<p>Es un instrumento utilizado para la medición de la presión en los fluidos, determinando la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local. nos ayuda a indicar un exceso de presión [24].</p>	<p>&gt;Marca: Disin S.A</p> <p>&gt;Unidad de dimensión: Psi.</p> <p>&gt;Presión de trabajo: 30 Psi</p>

### 3.1.2. Subsistema de la Caldera.

**Tabla 3. Subsistema de la Caldera.**




<b>Subsistema</b>			
<p>Es una máquina que transforma energía química en energía calórica para evaporar el agua, es de tipo piro tubular vertical de un paso [7], el combustible llega a la cámara de combustión, se genera una chispa, y este se enciende generando calor en su interior[8]</p>			
<b>Elemento</b>	<b>Imagen</b>	<b>Descripción</b>	<b>Información técnica</b>
<b>Tanque de ACPM</b>		Es un contenedor seguro para líquidos inflamables, sirve para almacenar el combustible que se va a usar para el funcionamiento de la caldera, este funciona depositando el combustible en el tanque de ahí pasa al tanque de pre dosificación para visualizar el consumo de la planta térmica.	<p>&gt;<b>Volumen:</b> 90 Gal.</p> <p>&gt;<b>Capacidad:</b> 340 L.</p> <p>&gt;<b>Combustible:</b> ACPM.</p> <p>&gt;<b>Material:</b> acero HR ½.</p> <p>&gt;<b>Presión de Diseño:</b> 150 Psi</p> <p>&gt;<b>Presión de Operación:</b> 125 Psi</p> <p>&gt;<b>Eficiencia:</b> 81-82%</p>
<b>Tanque de pre-dosificación</b>		Permite visualizar el consumo constante de la caldera, este se encarga de graduar la cantidad de ACPM antes de la dosificación.	<p>&gt;<b>Material:</b> Acrílico</p> <p>&gt;<b>Capacidad:</b> 28 L</p> <p>&gt;<b>Medición:</b> rango de 100cm<sup>3</sup></p>
<b>Registro de paso de vapor</b>		-Es un dispositivo hecho de metal, esta llave sirve para abrir o cerrar el paso del vapor de la caldera al distribuidor de vapor, su Funcionamiento consiste en abrirla cuando vayamos a poner las primeras 500 RPM para que el vapor salga por esta llave.	<p>&gt;<b>Dimensión:</b> 3"</p> <p>&gt;<b>Material:</b> Latón</p> <p>&gt;<b>T° Máxima:</b> 366 °F</p> <p>&gt;<b>Máxima Presión:</b> 600 PSI.</p>



<p><b>Válvula McDonnell</b></p>		<p>-Es un dispositivo que abre o cierra el paso del agua, esta válvula sirve para hacer que el sistema de la caldera no se vaya a quedar sin agua, su Función es no dejar la caldera sin agua ya que si esta no tiene agua no hay un buen funcionamiento con la planta térmica.</p>	<p>&gt; <b>funcionamiento del motor en voltios AC y DC:</b></p> <table border="1" data-bbox="1102 338 1380 651"> <thead> <tr> <th>Servicio motor</th> <th>Carga completa</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>115 V AC</td> <td>7,4</td> </tr> <tr> <td>230 V AC</td> <td>3,7</td> </tr> <tr> <td>115 V DC</td> <td>2,4</td> </tr> <tr> <td>230 V DC</td> <td>1,2</td> </tr> </tbody> </table> <p>&gt;<b>Potencia:</b> 1/3 HP</p>	Servicio motor	Carga completa	115 V AC	7,4	230 V AC	3,7	115 V DC	2,4	230 V DC	1,2
Servicio motor	Carga completa												
115 V AC	7,4												
230 V AC	3,7												
115 V DC	2,4												
230 V DC	1,2												
<p><b>Bomba ACPM</b></p>		<p>-Sirve para transportar el ACPM del tanque a la caldera, su función es alimentar la caldera con el combustible.</p>	<p>&gt;<b>Presión:</b> 200 Psi.  &gt;<b>Frecuencia:</b> 80HZ  &gt;<b>RPM Máximas:</b> 3440  &gt; <b>Potencia:</b> 15 HP  &gt;<b>Temperatura de Trabajo:</b> 40 °C</p>										
<p><b>Filtro de combustible</b></p>		<p>- Es un filtro de combustible que protege el sistema de alimentación, sirve para eliminar las impurezas tales como: pelos, mugre, partículas muy pequeñas que pueda tener el combustible, el combustible filtrado favorece a la vida útil de la máquina [14], su función es que el combustible llegue lo más limpio posible para evitar daños en el sistema.</p>	<p>&gt;<b>Elemento:</b> classic felt.  &gt;<b>Capacidad de filtrado:</b> 17 GPH  &gt;<b>Presión de trabajo:</b> 52 PSI</p>										



<p><b>Tubería</b></p>		<p>-Es la que nos permite transportar el agua de un lugar a otro, su funcionamiento es permitir transportar el agua al tanque de agua para llenarlo a la mitad, para que la planta térmica pueda trabajar,</p>	<p>&gt;<b>Diámetro tubería:</b> ½</p> <p>&gt;<b>Material :</b> metal</p>
<p><b>Válvula de bola</b></p>		<p>-Una válvula de bola, permite y cierra el paso de agua, la válvula de bola funciona que si la palanca está perpendicular al tubo no hay paso de agua ya que la válvula está cerrada y si la palanca está paralela al tubo es porque hay paso de agua así permitiendo el llenado del tanque de agua.</p>	<p>&gt;<b>Material:</b> Metal</p> <p>&gt;<b>Diámetro:</b> ½</p>

### 3.1.3. Subsistema de la Turbina.

**Tabla 4. Subsistema de la Turbina.**




<b>Subsistema</b>			
Es una turbina de vapor multietapa [9]-[10] la cual se acciona por el vapor que llega hasta ella gracias al distribuidor de vapor, la turbina al moverse acciona un generador de electricidad.			
<b>Elemento</b>	<b>Imagen</b>	<b>Descripción</b>	<b>Información técnica</b>
<b>Generador</b>		Es una máquina que transforma energía mecánica en energía eléctrica, la cual sirve para aprovechar el movimiento mecánico producido por la turbina, este funciona por medio de una inducción electromagnética, el conductor hace un movimiento en el campo magnético y a su vez se induce un voltaje por el mismo después esta energía eléctrica monofásica [15] que es luego llevada a el lugar donde se necesite	<p>&gt; <b>Referencia:</b> GSa2-M1-2</p> <p>&gt; <b>Potencia Máxima:</b> 2,9 KV</p> <p>&gt; <b>Voltaje:</b> 220/120 V</p> <p>&gt; <b>Amperaje:</b> 12,08/24,16 A</p> <p>&gt; <b>RPM:</b> 3600</p> <p>&gt; <b>Frecuencia:</b> 60 Hz</p>
<b>Bombillos</b>		Son recipientes que contienen unos filamentos de tungsteno que al paso de la corriente se vuelven incandescentes y emiten luz y calor con el cual se puede reconocer, que existe corriente en el sistema de la planta térmica, la corriente que llega a los filamentos que cierran un circuito y tienden a funcionar como una resistencia	<p>&gt; <b>Potencia:</b> 60W</p> <p>&gt; <b>Voltaje:</b> 120 V</p> <p>&gt; <b>Flujo Luminoso:</b> 1000 Lumens</p> <p>&gt; <b>Vida Útil:</b> 2000 Horas</p>
<b>Válvula PID</b>		Es un dispositivo que abre o cierra el paso del vapor de la caldera a la turbina, sirve para regular el flujo que se requiera en cualquier sistema, cuando se le ingresa la cantidad de RPM a las que debe aumentar la turbina lo que realiza la válvula PID es un cálculo matemático, conocido con las siglas de PID ( <i>proporcional, integral, derivativo</i> ) proporcional que se obtiene del producto de la señal de error y la constante proporcional, esto se realiza para	<p>&gt; <b>Área efectiva del diafragma:</b> 240 cm<sup>2</sup></p> <p>&gt; <b>Presión de suministro:</b> 6 Bar</p> <p>&gt; Posición de Seguridad reversible ATC ó ATO (air traffic control) [17]</p> <p>&gt; <b>Carrera nominal:</b> 15 mm</p>

		<p>que este error se aproxime a cero esto se realiza con el fin de que no hayan sobre oscilaciones, luego el error que queda pasa a otro modo de control que disminuirá el error provocado por el modo proporcional este método es el control modo integral que integra la desviación en el tiempo y la suma a la proporcional con el fin de disminuir el error, luego este error llega al modo derivativo el cual intentará mantener su punto más bajo de error, pero si el dato que llega a este modo es constante no se hace uso del mismo solo se trabajaría con el modo proporcional y el integral, para que haya un paso adecuado del vapor que viene de la caldera y va hacia la turbina [26]</p> <p>Además convierte energía eléctrica en analógica a su vez en posición de paso del fluido [16.]</p>	<p>&gt;<b>Temperatura:</b> NBR - 35° a 90°C [18]</p>
<p><b>Sobrecalentador</b></p>		<p>Es un dispositivo que se encarga de recibir el vapor de la caldera y elevarlo a una temperatura mayor de hasta 270 °C para ser enviado a la turbina y evitar daños en las aspas.</p>	<p>&gt; <b>Marca:</b> Ingenium  &gt; <b>Tipo:</b> Espiral con resistencias eléctricas  &gt; <b>Fabricado:</b> En acero carbón,  &gt; <b>Resistencia:</b> 1000W  &gt; <b>Voltaje del equipo:</b> 220v  &gt; <b>potencia en 6 resistencias:</b> 6KW  &gt; <b>Temperatura de trabajo:</b> 270°C</p>
<p><b>Sensor de Temperatura</b></p>		<p>Es el dispositivo encargado de verificar el calor que se encuentra en la turbina y envía una señal de voltaje variable al tablero de control y así con esto determinar el estado de temperatura de funcionamiento en tiempo real de la turbina, este tipo de sensor es un PTC (positive temperature coefficient) [25] el coeficiente de este sensor es positivo esto quiere decir que funciona con una resistencia que al</p>	<p>&gt; <b>Tipo de Sensor:</b> PT 100 Ω  &gt; <b>marca:</b> EBCHQ  &gt; <b>Rango de Temperatura:</b> 0 a 400° C  &gt; <b>Salida:</b> 4 a 20mA (dos cables)  &gt; <b>Alimentación:</b> 20 a 30 VDC</p>

		<p>elegir su temperatura eleva el voltaje entregado en el tablero.</p>	
<p><b>Sensor de RPM</b></p>		<p>Este sensor es el encargado de verificar la velocidad a la cual gira la turbina, funciona con una señal electromagnética que es interrumpida al pasar el tornillo que se encuentra en la correa que conecta la turbina con el generador</p>	<p><b>&gt;Tipo:</b> Inductivo</p> <p><b>&gt;Revoluciones a las que trabaja:</b> 0 - 6000 RPM.</p>
<p><b>Sensor de Presión</b></p>		<p>Este es un sensor que verifica la cantidad de presión que está a la salida de la turbina y que va hacia el condensador, trabaja con una piezorresistencia que al pasar el fluido se tiende a doblar lo que genera una señal de voltaje, a medida que el vapor sale de la turbina genera una presión en los ductos por donde transita, cuando el vapor llega al sensor éste tiene una piezorresistencia que se dobla por la presión generada en el ducto, luego de esto este material emite un voltaje que se dirige a la computadora la cual interpreta ese voltaje en presión con unidad de bar.</p>	<p><b>&gt;Rango de Presión:</b> 0 - 4 Bar</p> <p><b>&gt;Marca:</b> EBCHQ</p> <p><b>&gt;Referencia:</b> 92015</p> <p><b>&gt;Amperaje de salida:</b> 4 - 20mA</p> <p><b>&gt;Precisión:</b> 0.5 % F.B [19].</p> <p><b>&gt;Potencia:</b> 24 VDC</p>

### 3.1.4. Subsistema del Condensador.

**Tabla 4. Subsistema del Condensador.**

<b>Subsistema</b>			
<p>Es un intercambiador de calor que, elimina el exceso de temperatura del fluido a refrigerar mediante un aire seco y frío que circula por la torre, esta torre es de tiro mecánico inducido [11], en el cual el aire es succionado mediante un ventilador situado en la parte superior de la torre.</p>			
Elemento	Imagen	Descripción	Información técnica
<b>Bomba de la Torre de enfriamiento</b>		<p>Es una máquina que se encarga de enviar un líquido (agua) que manda el caudal total de 41,4 gal/min que también tiene un sensor que apaga esta bomba cuando el nivel del agua está en lo recomendado</p> <p>Su funcionamiento es que por medio de una fuerza hidráulica puede aplicar dichas presiones y caudales. [20]</p>	<p>&gt;Referencia: LR 38324</p> <p>&gt;Voltaje : 110v/220v</p> <p>&gt;Amperios: 12,70/ 6,35</p> <p>&gt;HP (Caballos de fuerza) = 1,00 y/o 0.75kw</p> <p>&gt;Frecuencia: 60 Hertz</p>
<b>Distribuidor de vapor</b>		<p>El distribuidor se encarga de habilitar las entradas de vapor por medio del sistema de trampa y sus tres salidas</p> <p>la primera que va al sobrecalentado, la otra que se dirige con proceso de vapor y la última que es libre por si hay que requerir más el uso del vapor.</p> <p>También se encarga de que la humedad se separe y se desaparezca. [21]</p>	<p>&gt;Marca: Ingenium</p> <p>&gt;Elaborada: Acero carbón</p> <p>&gt; Entradas y salidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 1 Entrada para el Sobrecalentador: de 1"</li> <li>● 3 Salidas de : ¾"</li> <li>● 1 Salida de condensados: ½"</li> </ul>
<b>Trampa</b>		<p>La trampa es habilitada por el distribuidor de vapor el cual la trampa se encarga de filtrar por ejemplo el aire y no dejar que se escape el vapor el cual no se malgastara el vapor ni se desperdiciara [22]</p>	<p>&gt;Marca : Spirax sarco</p> <p>&gt;trampa de : ½ diámetro</p>



### 3.2. Costos asociados con el Funcionamiento.

La intención al momento de realizar un análisis de costos es poder observar qué tan productiva puede llegar a ser la planta, beneficios, gastos, consumo; y llegar a un punto uniforme el cual logremos visualizar si la energía que genera la planta es rentable o al contrario genera sobrecostos.

#### 3.2.1. Costos de Combustible.

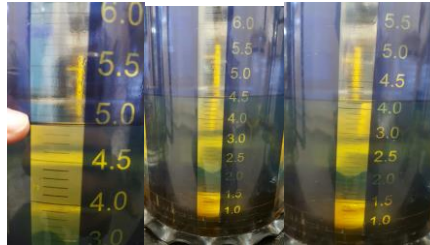


Figura 2 (medidas del consumo de combustible)

Tabla 5. Costos de combustible

Cantidad de Combustible	Consumo	Analisis	Calculo del Consumo
5L	Apagada	Se Inicio la planta termica con 5L de ACPM	
4,5L	6000	Al momento de llegar a las 6000 revoluciones, se consumieron 0,5 L para que la planta alcance su velocidad max.	Ahora calculamos el costo de este consumo final
4,15L	1,3 kWh	Cuando se empiezan a encender los bombillos, vemos que cada bombillo hace que las RPM bajen, y la plata es obligada a recuperarse, los 7 bombillos consumen 1,3 kWh, por eso se consumen 0,35L mas de ACPM	Si 1 Gal -----> \$7300=
		Entonces pasamos a calcular el costo del consumo de ACPM	0,2245462 Gal -----> X
			$X = (0,2245462 \text{ Gal} * \$ 7300) / 1 \text{ Gal}$
			$X = \$1639,18$
		En nuestro pais, el combustible se vende por galones, asi que pasaremos el consumo de litros a galones.	Entonces la planta termica tendria un consumo final de 0,2245462 Gal, lo que equivale a 1639 pesos
		Si 1L -----> 0,264172 Galones	
		5L -----> X	
		Entonces:	
		$X = (5L * 0,264172 \text{ Gal}) / 1L$	
		$X = 1,32086 \text{ Gal}$	
		Si 1L -----> 0,264172 Galones	
		4,5L -----> X	
		Entonces:	
		$X = (4,5L * 0,264172 \text{ Gal}) / 1L$	
		$X = 1,188774 \text{ Gal}$	
		Si 1L -----> 0,264172 Galones	
		4,15L -----> X	
		Entonces:	
		$X = (4,15L * 0,264172 \text{ Gal}) / 1L$	
		$X = 1,0963138 \text{ Gal}$	
		Ahora calculamos el consumo final de ACPM en galones	
		Consumo Final: ACPM Inicial - ACPM Final	
		Consumo Final: 1,32086L - 1,0963138L	
		Consumo Final: 0,2245462 Gal	

### 3.2.2. Costos de Electricidad.

**Tabla 6. Costos de electricidad**

Elemento	KW.h	CONVERSIONES
1 BOMBILLO DE (100W)	$(100/1000)=0.1KW.h$	1HP=0.74KW
6 BOMBILLOS DE (200W)	$(200*6)/1000=1.2KW.h$	
BOMBA ALIMENTACION DE CALDERA(1.50HP)	$(1,50HP*0.74KW) =1,10KW.h$	
BOMBA TORRE DE ENFRIAMIENTO(1HP)	$(1HP*0,74KW)=0.75KW.h$	
TABLERO ELECTRICO CALDERA(1/4HP)	$(1/4*0,74KW)=0,185KW.h$	
QUEMADOR (1/4HP)	$(1/4*0,74KW)=0,185KW.h$	
SOBRECALENTADOR(6KW)	6KW	
	CONSUMO TOTAL = 9,51KW.h	
Multiplicar el valor de cada kw.h en pesos X el consumo	TOTAL	
total de la maquina en kw.h	$(\$412,570kw.HX9,51KW.h)=$	
Factura de electrificadora	3923,5\$KW.h	
1KW.H Equivale a \$412,570 pesos colombianos		

**1 PASO:** La prueba de la planta térmica tenía como finalidad encender 7 de los 10 Bombillos del tablero del laboratorio, 6 bombillos consumen 200 watts y uno consume 100 watts, ahora se busca cuantos watts se consumieron en total, entonces:

$$Watts\ consumidos\ en\ total = 6\ bombillos * 200\ watts$$

$$Watts\ consumidos\ en\ total = 1\ bombillo * 100\ watts$$

$$Watts\ consumidos\ en\ total = 1300watts$$

Ahora se mira en la factura de la electrificadora cuánto vale 1 kWh, se encontró que un kWh vale \$ 412,5705 pesos colombianos.

Teniendo el valor de Watts consumidos en total y sabiendo el valor del kWh, se procede a convertir Watts a Kilovatios con una regla de 3.

$$\text{Si } 1 \text{ Watts} \text{ -----} \rightarrow 0,001 \text{ kW}$$

$$1300 \text{ Watts} \text{ -----} \rightarrow X$$

Despejamos:

$$X = (1300 \text{ Watts} * 0,001 \text{ kW}) / 1 \text{ Watts}$$

$$X = 1,3 \text{ kW}$$

**2 PASO:** Cuando empiezan a trabajar los elementos tenemos unos consumos como son ,bomba alimentación de caldera, bomba, torre de enfriamiento, tablero eléctrico , quemador y Sobrecalentador van a generar los otros consumos para poder prender los 7 bombillos

-Algunas fichas técnicas nos dan sus diferentes consumos en caballos de fuerza (hp) se procede a hacer su conversión teniendo en cuenta que:

#### **Bomba alimentación de caldera**

$$\text{Si } 1 \text{ hp} \text{ -----} \rightarrow 0,74 \text{ kW}$$

$$1.50 \text{ hp} \text{ -----} \rightarrow X$$

Despejamos:

$$X = (1.50 \text{ hp} * 0,74 \text{ kW}) / 1 \text{ hp}$$

$$X = 1,10 \text{ kW}$$

#### **Bomba torre de enfriamiento**

$$\text{Si } 1 \text{ hp} \text{ -----} \rightarrow 0,74 \text{ kW}$$

$$1. \text{ hp} \text{ -----} \rightarrow X$$

Despejamos:

$$X = (1 \text{ hp} * 0,74 \text{ kW}) / 1 \text{ hp}$$

$$X = 0.75 \text{ kW.h}$$

#### **Tablero eléctrico caldera**

$$\text{Si } 1 \text{ hp} \text{ -----} \rightarrow 0,74 \text{ kW}$$

$$1/4 \text{ hp} \text{ -----} \rightarrow X$$

Despejamos:

$$X = (1/4 \text{ hp} * 0,74 \text{ kW})/1 \text{ hp}$$

$$X = 0,185 \text{KW} \cdot h$$

### Quemador

$$\text{Si } 1 \text{ hp} \text{ -----} \rightarrow 0,74 \text{ kW}$$

$$1/4 \text{ hp} \text{ -----} \rightarrow X$$

Despejamos:

$$X = (1/4 \text{ hp} * 0,74 \text{ kW})/1 \text{ hp}$$

$$X = 0,185 \text{KW} \cdot h$$

### Sobrecalentador

Consume 6KW

**3 PASO:** Se procede a hacer la sumatoria de los consumos generados por la planta térmica.

$$(1.3\text{kw}\cdot\text{h}+1.10\text{kw}\cdot\text{h}+0.75\text{kw}\cdot\text{h}+0.18\text{kw}\cdot\text{h}+0.18\text{kw}\cdot\text{h}+6\text{kw}\cdot\text{h}) = 9,51 \text{ kWh Consume la máquina}$$

**4 PASO:** Ahora se multiplica el total de kW consumidos con el valor del kWh.

$$\text{Valor de kW consumido} = 9,51 \text{ kW} * 412,5705$$

*Valor de kW consumido = (\$ 3923.54kWh) ES EL VALOR EN PESOS COLOMBIANOS*

## 4. Conclusiones

- Los costos del combustible (ACPM), durante el funcionamiento de la planta térmica hasta apagarla basados en un consumo de 0,2245462 Gal, su consumo en ACPM suma \$1639 Pesos Colombianos, lo cual es un costo bajo para generar la electricidad suficiente para encender 7 bombillos que consumen 1,3 kWh.
- El consumo eléctrico también generan un alto costo; su consumo durante el funcionamiento, desde que se enciende la planta térmica hasta terminar la práctica fue de 9,51 kWh, lo cual genera un costo de \$3923,5 Pesos colombianos. Entonces si comparamos la cantidad de kWh que consume la planta térmica con la cantidad de kWh que genera, es evidente que la planta térmica no es rentable ya que consume 7,3 veces más kWh que los que genera, así que -valga la redundancia- esta planta térmica no rentable, esto puede suceder dado que la planta en la que se realizó la práctica es una planta didáctica, no refleja el consumo y generación de energía que tendría una planta real.
- Gracias a los componentes o subconjuntos que tiene la planta, se pudo comprender como trabaja el Ciclo Rankine y que tantos elementos (diferentes a los que conforman el ciclo como tal) se necesitan para que este ciclo se lleve a cabo, dado el caso en que se quiera aumentar la eficiencia de la planta, podría modificarse el ciclo rankine simple y pasarlo a un Ciclo Rankine recalentado [28].

## 5. Referencias.

[1] Termodinámica y Termotecnia, Temáticas de la Universidad de Huelva “Estudio del Ciclo Rankine” Junio 2016. [En Línea]. Disponible: [http://www.uhu.es/gabriel.lopez/comun/pract\\_Rankine.pdf](http://www.uhu.es/gabriel.lopez/comun/pract_Rankine.pdf)

[2] Generación de Energía, Endesa Educa “Centrales Térmicas Convencionales” Junio 2016. [En Línea]. Disponible: [http://www.endesaeduca.com/Endesa\\_educarecursos\\_interactivos/produccion-de-electricidad/viii.-las-centrales-térmicas-convencionales](http://www.endesaeduca.com/Endesa_educarecursos_interactivos/produccion-de-electricidad/viii.-las-centrales-térmicas-convencionales)

[3] Termodinámica, Wikipedia “Ciclo Rankine” Junio 2016. [En Línea]. Disponible: [https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo\\_de\\_Rankine](https://es.wikipedia.org/wiki/Ciclo_de_Rankine)

[4] Termodinámica, Temáticas de la Universidad Tecnológica del Perú “Ciclos del Vapor y Ciclos del Gas” Junio 2016. [En Línea]. Disponible: <http://utpterminamica2.blogspot.com.co/2013/11/ciclo-rankine-simple-sobrecalentamiento.html>

[5] Termodinámica Segundo principio, Temáticas de la Universidad Politécnica de Madrid “Ciclo Carnot” Junio 2016. [En Línea]. Disponible: <http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/termo2p/carnot.html>

[6] Mecánica de Fluidos y Recursos Hidráulicos, Temáticas de la Escuela de Ingeniería de Antioquia. “Clasificación Bombas Hidráulicas” Julio 2016. [En Línea]. Disponible: <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/maquinashidraulicas/clasificacionbombashidraulicas/clasificaciondelasbombashidraulicas.html>

[7] Tipología de Calderas Industriales, Viessmann “Guías de Calderas Industriales Eficientes” Junio 2016. [En Línea]. Disponible: [http://www.fenercom.com/pages/pdf/formacion/13-01-23\\_Jornada%20calderas%20industriales/02-Tipologia-de-calderas-VIESSMANN-fenercom-2013](http://www.fenercom.com/pages/pdf/formacion/13-01-23_Jornada%20calderas%20industriales/02-Tipologia-de-calderas-VIESSMANN-fenercom-2013)

[8] Máquinas Industriales, Bosch Industrial “Comparativa de caldera pirotubular y caldera acuotubular” Junio 2016. [En Línea]. Disponible: [http://www.bosch-industrial.com/files/fb013\\_sp.pdf](http://www.bosch-industrial.com/files/fb013_sp.pdf)

[9] Turbinas de Vapor, Qingneng Power Co. (QPN) “Turbina de Vapor Multietapa” Junio 2016. [En Línea]. Disponible: <http://qn-powertech.com/1-1-back-pressure-steam-turbine/183492>

[10] Turbinas de Vapor, Renovetec “Turbinas de Vapor, Definición, Conceptos Físicos, Termodinámicos y Clasificación,” Junio 2016. [En Línea].

Disponible:

<http://www.turbinasdevapor.com/index.php/component/content/category/11-tipos-y-elementos-turbinas>

[11] Torres de Enfriamiento, Temáticas de la Universitat Politècnica de Catalunya “Tipos de Intercambiadores de Calor” Junio 2016. [En Línea].

Disponible:

[http://www.epsem.upc.edu/intercanviadorsdecalor/castella/torres\\_refredament.html](http://www.epsem.upc.edu/intercanviadorsdecalor/castella/torres_refredament.html)

[12] Unidades de Energía, Wikipedia “British Thermal Unit (BTU)” Junio 2016.

[En Línea]. Disponible: <https://es.wikipedia.org/wiki/BTU>

[13] Máquinas Industriales, SlideShare “Modulo Bombas” Junio 2016. [En

línea]. Disponible: <http://es.slideshare.net/JHONRUBIO/presentac1bombas>

[14] Máquinas Industriales, MotorGiga “Filtro de combustible” Junio 2016

[En línea] Disponible

<http://diccionario.motorgiga.com/diccionario/filtro-de-gasolina-definicion-significado/qmx-niv15-con194161.htm>

[15] Electricidad y Corriente, Wordpress “Toma de Corrientes Monofásicas, Bifásicas y Trifásicas” Julio 2016. [En Línea]. Disponible:

<https://proyectosistematierra.wordpress.com/2012/11/28/toma-de-corrientes-monofasica-bifasica-y-trifasica/>

[16] Neumática Proporcional, Wordpress “Válvula PID” Junio 2016. [En línea]. Disponible:

<https://makrodidactica.files.wordpress.com/2014/08/cap8-neumatica-proporcional.pdf>

[17] Aislamientos Térmicos, Aislamientos del Centro “Aislamientos Máquinas” Junio 2016. [En línea]. Disponible:

<http://www.atcaislamientos.com/blog.html>

[18] Temperatura que soporta el NBR [En Línea]

<http://www.aerocivil.gov.co/Aerocivil/Proyecto-Torre-Muisca/Documents/Anexo%202 Posiciones%20de%20Trabajo%20V.2.pdf>

[19] Bomba, mantenimiento de bombas. Sistema de Bibliotecas SENA

[http://repositorio.sena.edu.co/sitios/elementos\\_maquinas/vol17/volumen17.html#](http://repositorio.sena.edu.co/sitios/elementos_maquinas/vol17/volumen17.html#)

[20] Bomba torre de enfriamiento “BAC” Junio 2016. [En línea]. Disponible:

<http://www.baltimoreaircoil.com/english/resource-library/file/2815>

[21] Distribuidor de vapor

<http://www.bosch-industrial.com/es/pagina-de-producto/componentes/componentes-de-calderas-de-vapor/sd.html>

[22] Trampas de vapor, Compañía Especialista de Vapores “¿Qué es una Trampa de Vapor” Junio 2016. [En línea]. Disponible:

<http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/what-is-a-steam-trap.html>

[23] Principios fundamentales de las bombas Wilo Principios básicos de las bombas [En línea]. Disponible:

[http://www.wilo.es/fileadmin/es/Downloads/pdf\\_entero.pdf](http://www.wilo.es/fileadmin/es/Downloads/pdf_entero.pdf)

[24] Manometría e instrumentación MEI [En línea]. Disponible:

<http://www.mei.es/web/admin/uploads/docsdescargas/20121011174519.pdf>

[25] Sensores, Temperatura “Sensores de Temperatura”. Julio 2016. [En Línea]. Disponible: <http://medirtemperatura.com/sensor-temperatura.php>

[26] válvula PID (proporcional, integral, derivativa) [En Línea]

[https://es.wikipedia.org/wiki/Controlador\\_PID#Proporcional](https://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_PID#Proporcional)

[27] Motion y control (NSK) Rodamientos bomba de planta. Julio 2016 [En Línea] Disponible:

[http://www.nskamericas.com/cps/rde/dtr/na\\_es/Rodamientos.LR.pdf](http://www.nskamericas.com/cps/rde/dtr/na_es/Rodamientos.LR.pdf)

[28] Termodinámica, Temáticas de la Universidad Tecnológica del Perú “Ciclos del Vapor y Ciclos del Gas” Junio 2016. [En Línea]. Disponible:

<http://utpthermodinamica2.blogspot.com.co/2013/11/ciclo-rankine-simple-sobrecalentamiento.html>

[29] Disin S.A suavizador de agua [En Línea]

<http://www.disin.com/productos#contenedorCatalogo>