



**UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CALDERO PIROTUBULAR PARA  
MEJORAR LA FORMACIÓN PRÁCTICA EN LA ASIGNATURA  
OPERACIONES UNITARIAS DE LOS ESTUDIANTES DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD  
ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA.”**

## **TRABAJO DE TITULACIÓN**

Previa a la Obtención del Título de:

## **INGENIERO INDUSTRIAL**

AUTOR:

JORGE WASHINGTON FIGUEROA CIRES

TUTOR:

ING. VICTOR MATÍAS PILLASAGUA MSc.

La Libertad – Ecuador

MAYO 2015

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo se lo dedico a Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy. Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, valores, principios, carácter, empeño, perseverancia, coraje para conseguir mis objetivos.

Gracias también a mis queridos compañeros, que me apoyaron y me permitieron entrar en su vida durante la carrera.

*Jorge*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios ser maravilloso que me dio fuerza y fe para creer lo que me parecía imposible terminar. A mi familia por ayudarme con mi hijo mientras yo realizaba investigaciones y por estar a mi lado en cada momento de mi vida.

A mi esposa, con su ayuda en impulsarme a terminar este proyecto.

Al Ing. Víctor Matías Pillasagua MSc. Por su apoyo total y constante para la realización del presente trabajo.

*Jorge*

## TRIBUNAL DE GRADO

---

Ing. Marco Bermeo García, MSc.  
DECANO (E) DE LA FACULTAD DE  
INGENIERÍA INDUSTRIAL

---

Ing. Ind. Marlon Naranjo Laínez  
DIRECTOR DE LA ESCUELA  
INGENIERÍA INDUSTRIAL

---

Ing. Víctor Matías Pillasagua, MSc.  
TUTOR DE TESIS DE GRADO

---

Ing. Jorge Lucin Borbor. MSc.  
PROFESOR DE ÁREA

---

Ab. Joe Espinoza Ayala  
SECRETARIO GENERAL



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN CALDERO PIROTUBULAR PARA MEJORAR LA FORMACIÓN PRÁCTICA EN LA ASIGNATURA OPERACIONES UNITARIAS DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UUNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA”

**Autor:** Jorge Figueroa Cires

**Tutor:** Ing. Victor Matías Pillasagua. Msc.

**RESUMEN EJECUTIVO**

En la Universidad Estatal Península de Santa Elena y su carrera de Ingeniería Industrial presenta problemas en las práctica de los estudiantes en ciertas asignaturas de las asignaturas que no cuenta con laboratorio, las materias en mención se limitan a la teoría y se aleja de un análisis técnico y tecnológico de los problemas que puedan tener las industrias que de una u otra manera utilizan por ejemplo materia operaciones unitarias las mismas que en su definición se establecen como un área del proceso. El presente proyecto se basa en el diseño y construcción de una caldera pirotubular destinada a la práctica de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial, para obtener un estudio completo del desempeño del equipo, su rendimiento y seguridad, además de realizar las prácticas de las distintas asignaturas que reciben en el pensum académico; lo que se desea implementar es un nuevo modelo de fácil instalación y sea viable para su aplicación, aportando con la formación profesional del estudiante. El diseño de la caldera pirotubular y su posterior construcción debe estar debidamente sustentado y respaldado bajo todos los requerimientos normativos y de código; es decir, realizar estudios de transferencia de energía, resistencia de materiales, los controles y dispositivos de seguridad para el sistema de calderas.

**Descriptor:** Caldera pirotubular, Educación, Asignaturas Ingeniería Industrial

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

<b>CONTENIDOS</b>	<b>PAG.</b>
PORTADA	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
TRIBUNAL DE GRADO	IV
RESUMEN EJECUTIVO	V
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	VI
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE GRÁFICOS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ABREVIATURAS	XII
GLOSARIO DE TÉRMINOS	XIII
INTRODUCCIÓN	1

### **CAPÍTULO I GENERALIDADES**

1.1.	Antecedentes	2
1.2.	Objetivos	5
1.2.1.	Objetivo general	5
1.2.2.	Objetivo específico	5
1.3.	Ubicación geográfica	6
1.4.	Las calderas pirotubulares y su funcionamiento en los sectores industriales	7
1.4.1.	Aplicaciones de las calderas en la industria	8
1.4.2.	Características	9
1.4.3.	Ventajas y desventajas de las calderas pirotubulares	10
1.4.3.1.	Ventajas	10
1.4.3.2.	Desventajas	11
1.4.4.	Formas de transferencia de calor en las calderas	11
1.4.4.1.	Radiación	11
1.4.4.2.	Convección	12
1.4.4.3.	Conducción	12
1.4.5.	Clasificación de las calderas pirotubulares	13
1.4.5.1.	Según su posición	13
1.4.5.2.	Según el fondo de la parte posterior	14
1.4.5.3.	Según el número de pasos o retornos	14
1.4.5.4.	Según el combustible quemado	16
1.4.6.	Partes de la caldera	16

1.4.6.1.	Cuerpo de la caldera	16
1.4.6.2.	Hogar	18
1.4.6.3.	Tubos	19
1.4.6.4.	Espejos	20
1.4.6.5.	Compuertas	21
1.4.6.6.	Refractario	22
1.4.6.7.	Aislamiento térmico	23
1.4.6.8.	Quemador	23
1.4.6.9.	Partes del quemador	24
1.4.6.9.1	Elementos para suministros y control de aire	25
1.4.6.9.2.	Elementos para manejo de combustible	26

## **CAPÍTULO II**

### **SITUACIÓN ACTUAL DEL PROBLEMA DE LA PRÁCTICA**

2.1.	El pensum académico y los estudiantes de la facultad	28
2.2.	Investigación para el análisis de las falencias en las asignaturas que tiene problemas con la práctica y necesidad de un caldero	31
2.2.1.	Estudio de la práctica en la asignatura operaciones unitarias	31
2.2.2.	Estudio de la práctica en la asignatura termodinámica	31
2.2.3.	Estudio de la práctica en la asignatura de química	33
2.3.	Técnicas de investigación	33
2.4.	Población y tamaño de la muestra	34
2.4.1.	Población	34
2.4.2.	Tamaño de la muestra	35
2.3.3.	Aplicación de encuestas a estudiantes	36
2.5.	Matriz de identificación y evaluación de los estudios realizados	47
2.5.1.	Análisis de resultados	48

## **CAPÍTULO III**

### **DISEÑO TÉCNICO Y CARACTERÍSTICAS**

3.1.	Plano de ubicación y anclaje del caldero	50
3.2.	Diseño y planos	51
3.2.1.	Planos mecánicos	51
3.2.2.	Planos estructurales	52
3.2.3.	Descripción del diseño y funcionamiento de la caldera	55
3.2.4	Características de los materiales a utilizarse en la construcción	55
3.3.	Capacidad de trabajo del caldero	57
3.4.	Construcción del caldero. Secuencia de la construcción, Gantt	58

3.5.	Pasos para la construcción del caldero	58
3.6.	Manuales de funcionamiento, mantenimiento y seguridad industrial	60
3.6.1.	Manual de funcionamiento, mantenimiento y seguridad industrial	60
3.6.2.	Mantenimiento	64
3.6.3.	Normas de seguridad	64
3.7.	Aspectos de impacto ambiental en la construcción y operación del caldero	67

#### **CAPÍTULO IV**

#### **ESTUDIO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA**

4.1.	Inversiones totales	74
4.1.1.	Inversión fija	74
4.1.1.1.	Construcción	74
4.2.	Otros costos y gastos de instalación	76
4.3	Fuentes de financiamiento	76
4.4.1.	Financiamiento de la UPSE, otras fuentes	76
4.4.2.	Calendario de inversiones en la construcción del caldero	77
4.4.	Evaluación de impacto en la solución del problema educativo en la Facultad de Ingeniería Industrial	77

#### **CAPÍTULO V**

#### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1.	Conclusiones	79
5.2.	Recomendaciones	80

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	82
<b>ANEXOS</b>	84



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>CONTENIDOS</b>	<b>PAG.</b>
TABLA N°1 Población	35
TABLA N°2 Problemas con alguna asignatura	38
TABLA N°3 La carrera cuenta con una caldera pirotubular	39
TABLA N°4 La carrera cuenta con recursos didácticos	40
TABLA N°5 Falta de práctica	41
TABLA N°6 Importante que la carrera cuenta con materiales didácticos	42
TABLA N°7 Necesaria la implementación de un caldero pirotubular	43
TABLA N°8 Implementación de un caldero pirotubular	44
TABLA N°9 De acuerdo en la construcción de un caldero didáctico	45
TABLA N°10 Matriz de identificación	47
TABLA N°11 Matriz de impactos biológicos	68
TABLA N°12 Matriz de impactos físicos	70
TABLA N°13 Matriz de impacto social	72
TABLA N°14 Inversión	74
TABLA N°15 Construcción	75
TABLA N°16 Otros costos y gastos de instalación	76
TABLA N°17 Cronograma	77

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>CONTENIDOS</b>	<b>PAG.</b>	
GRÁFICO N°1	Ubicación geográfica	6
GRÁFICO N°2	Problemas con alguna asignatura	38
GRÁFICO N°3	La carrera cuenta con una caldera pirotubular	39
GRÁFICO N°4	La carrera cuenta con recursos didácticos	40
GRÁFICO N°5	Falta de práctica	41
GRÁFICO N°6	Importante que la carrera cuenta con materiales didácticos	42
GRÁFICO N°7	Necesaria la implementación de un caldero pirotubular	43
GRÁFICO N°8	Implementación de un caldero pirotubular	44
GRÁFICO N°9	De acuerdo en la construcción de un caldero didáctico	45

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>CONTENIDOS</b>	<b>PAG.</b>	
FIGURA N°1	Caldera pirotubular	7
FIGURA N°2	Caldera pirotubular horizontal	13
FIGURA N°3	Fondo de la parte posterior	14
FIGURA N°4	Dos pasos	15
FIGURA N°5	Tres pasos	15
FIGURA N°6	Carcaza de la caldera pirotubular	17
FIGURA N°7	Hogar ondulado para calderas pirotubulares	19
FIGURA N°8	Tubos de fuego	20
FIGURA N°9	Espejos	21
FIGURA N°10	Compuertas delanteras y posterior	21
FIGURA N°11	Compuertas delanteras y posterior	22
FIGURA N°12	Válvula solenoide	27
FIGURA N°13	Pensum académico	30
FIGURA N°14	Plano de ubicación	50
FIGURA N°15	Diseño mecánico	51
FIGURA N°16	Tapas frontal y posterior	52
FIGURA N°17	Elevación lateral	53
FIGURA N°18	Elevación frontal	54

## ABREVIATURAS

$A$	Área de transmisión
$A_r$	Área de la superficie de radiación para cámara húmeda
$AC$	Relación aire- combustible
$B$	Consumo de combustible
$C$	Constante para la combustión
$CA$	Corrosión admisible
$D$	Diámetro de la llama
$DMLT$	Diferencia de la temperatura media logarítmica
$D_B$	Diámetro exterior de la boca de acceso
$D_{CH}$	Diámetro interior de la cámara de hogar
$D_t$	Diámetro exterior de los tubos
$E$	Eficiencia de junta
$e_t$	Espesor del tubo
$F_{med}$	Flujo calorífico medio
$F_{max}$	Flujo calorífico máximo
$F_s$	Factor de seguridad
$h_i$	Convección interna
$h_o$	Convección externo
$H_{prod}$	Entalpía total de los productos
$H_{Reac}$	Entalpía total de los reactivos
$k_{tubo}$	Conductividad térmica

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

- **Generador:** Máquina destinada a transformar la energía mecánica en energía eléctrica.
- **Manivela:** Palanca acodada que sirve para imprimir un movimiento de rotación continua al árbol giratorio al que se haya fijado.
- **Quemador:** Dispositivo de una caldera para quemar combustible líquido, gaseoso o ambos.
- **Caldera pirotubular:** Dispositivo cilíndrico, herméticamente cerrado que sirve para producir vapor.
- **Combustión:** Reacción química en la que un elemento combustible se combina con otro comburente desprendiendo calor y produciendo un óxido.
- **Condensado:** Producto que resulta de un proceso físico que consiste en el paso de una sustancia en forma gaseosa a forma líquida.
- **Chasis:** Armazón que sostiene las partes mecánicas de una máquina.  
Endocarpio Parte del fruto que rodea a la semilla.
- **Energía eléctrica:** Es la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos y obtener trabajo.
- **Fotocelda:** Es una resistencia, cuyo valor en ohmios varía ante las variaciones de la luz incidente.

## INTRODUCCIÓN

Las operaciones unitarias son los diversos procesos que se llevan a cabo en la industrial, cuyo fin es la de modificar físicamente las propiedades de una materia prima para transformarla en un producto final.

Al educación en el país ha ido cambiando con el pasar del tiempo, la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, presenta algunos inconvenientes en la práctica de algunas asignaturas, los cuales debido a la falta de laboratorios impide que se relacione la teoría con la práctica. El presente trabajo de investigación se encuentra estructurado de la siguiente manera:

El Capítulo I Generalidades, encierra los antecedentes, objetivos generales y específicos, además de la ubicación geográfica.

El Capítulo II corresponde a la situación actual del problema de investigación en el cual se analiza la asignatura de operaciones unitarias, como también el pensum académico de la Carrera de Ingeniería Industrial.

El Capítulo III hace mención al diseño y construcción de la caldera, además de la descripción de sus características.

El Capítulo IV encierra el estudio económico de la propuesta presentada.

## **CAPÍTULO I**

### **GENERALIDADES**

#### **1.1. ANTECEDENTES**

La educación en el Ecuador ha evolucionado durante los últimos cinco años, a tal punto de que el gobierno central creó el SENEKYT, institución que está evaluando a todas las instituciones educativas superiores del país para poder implementar los cambios que se requieren y de esta manera posicionarlas con una educación de calidad como requiere la sociedad.

Desde el punto de vista las Universidades tienen que prepararse para ejercer una educación de resultados en donde la teoría vaya muy de la mano con la práctica y con ello obtener profesionales competentes en cada área del conocimiento.

La Universidad Estatal Península de Santa Elena a través de la Facultad de Ingeniería Industrial, también debe acatar el nuevo reto de la educación superior y es menester actualizar su forma de enseñanza para formar profesionales competentes; es por esto que se debe hacer hincapié en el uso de recursos metodológicos prácticos y técnicos que ayuden en el proceso de formación del futuro profesional, llevando sus conocimientos teóricos a la práctica.

Desde sus inicios, la facultad y su carrera de Ingeniería Industrial ha presentado problemas cuando los estudiantes después de recibir la teoría de ciertas materias, técnicas específicas, no cuenta con laboratorios para realizar la práctica y así obtener conocimiento sólidos. Para enlazar la teoría con práctica, oportunamente los directivos gestionaron y consiguieron la construcción de talleres metalmecánicos y de electricidad. El primero se instaló en el 2004 y el segundo se logró en 2008. Estos laboratorios ayudan la práctica estudiantil para las asignaturas como mecánica industrial, electricidad, dibujo técnico y diseño de máquina.

Uno de los grandes problemas que presenta la Facultad y su carrera de Ingeniería Industrial, es que existen falencias en las prácticas de los estudiantes en ciertas materias que están dentro del pensum académico y que es importante en la formación profesional, materias importantes como; operaciones unitarias, termodinámica, procesos industriales, donde no existen laboratorios o equipos /maquinarias para la formación práctica de los estudiantes, solo se limita a la teoría causando un problema en el conocimiento técnico y científico.

Como no existen maquinarias y equipos para la práctica de ciertas asignaturas técnicas, entonces, la educación en la facultad se limita a la teoría y se aleja de un análisis técnico y tecnológico de los problemas que puedan tener las industrias que de una u otra manera utilizan operaciones unitarias las mismas que en su definición se establecen como un área del proceso en donde se incorporan



materiales, insumos o materias primas y ocurre un proceso determinado, son actividades básicas que forman parte de los procesos industriales.

Por otro lado, la inexistencia de estos equipos, provoca que exista una enseñanza sin conocimientos en la solución de un problema práctico planteado en clase, lo que ocasiona en el estudiante desmotivación de la actividad práctica que ayudaría en la proyección de innovaciones verdaderas sobre los procesos industriales.

En muchos procesos industriales, existe la transferencia de calor como parte de la producción final de un bien o producto y entonces si no existen los equipos para realizar los análisis técnicos, los resultados de transferencia de calor solo son teóricos sin lograr experimentar los verdaderos cambios en la práctica y funcionamiento del equipo como para tomar decisiones inmediatas.

El contar con estas falencias en las clases teórica de la formación profesional, hace que existe un impacto en la insatisfacción de la formación teórica práctica tanto del estudiante como del docente, generando una necesidad indispensable en la Facultad de Ingeniería Industrial.

Esta situación ha permitido presentar como una propuesta didáctica el diseño y construcción de un caldero pirotubular que es un tipo de caldera en la que los gases calientes de un fuego pasan a través de uno o más tubos que ejecutan a través de un recipiente sellado de agua. El calor de los gases se transfiere a través

de las paredes de los tubos por conducción térmica, calentando el agua y en última instancia, la creación de vapor de agua, el cual va a permitir a los docentes designados a la asignatura tener una herramienta de trabajo y a la vez conocer ¿Cómo se realizan esta clase de maquinarias? ¿Qué tipo de función cumple en la industria? ¿Cómo se puede inclusive mejorar su uso y tecnología en beneficio de la sociedad?

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. Objetivo General**

- Diseño y construcción un caldero pirotubular mediante conocimientos teóricos, prácticos y tecnológicos, para la aplicación práctica de la asignatura de operaciones unitarias de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

### **1.2.2. Objetivos Específico**

- Analizar el sistema actual académico de la carrera
- Analizar los elementos que integran una caldera pirotubular.
- Realizar un estudio económico del diseño de un caldero pirotubular didáctico

### **1.3. UBICACIÓN GEOGRÁFICA**

La Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), se encuentra ubicada en el Cantón La Libertad en la Provincia de Santa Elena, considerado como el primer centro de enseñanza autónomo y que cuenta con la mayor población estudiantil de la zona.

Este centro educativo de formación superior cuenta con distintas facultades dentro de la que se encuentra la Facultad de Ingeniería Industrial, con el fin de formar profesionales integrales con sólidos conocimientos tanto técnicos como financieros para la gestión de las operaciones de plantas productivas y del área de servicios con el fin de obtener mayor calidad, productividad y flexibilidad en la dinámica de cambio del mundo moderno industrial. Ver Gráfico N°1

**Gráfico N° 1 Ubicación Geográfica Universidad Estatal Península de Santa Elena**



**Fuente:** Google Earth

#### **1.4. LAS CALDERAS PIROTUBULARES Y SU FUNCIONAMIENTO EN LOS SECTORES INDUSTRIALES**

Las calderas pirotubulares conocidas también como calderas de tubo de humo, son maquinarias las cuales en su gran parte o totalidad del trabajo su función es la de transmitir calor producto de los combustibles calientes, los mismos que circulan por los pasa fuego, en tanto que el agua rodea a los mismos.

La caldera es una maquinaria construida para la producción de vapor de agua por medio de presión y temperatura elevada, las hay, desde pequeñas instalaciones locales para la producción de vapor para cocción de alimentos, planchado en serie de ropa, tratamientos sépticos de instrumentales y labores similares, con vapor de relativa baja temperatura y presión, hasta enormes instalaciones industriales, utilizadas para la alimentación de turbinas de generación de electricidad, y otros procesos industriales donde se requiere vapor en grandes cantidades, a altísimas temperaturas y presiones<sup>1</sup>. Ver Figura N° 1

**Figura N° 1 Caldera Pirotubular**



**Fuente:** [lasmaquinasindustriales.blogspot.com](http://lasmaquinasindustriales.blogspot.com)

---

<sup>1</sup> Sergi Fornas F. Maquinas Térmicas Motoras- Volumen 1, pág. 12.

### 1.4.1 Aplicaciones de las Calderas en la Industria

Las calderas de vapor proporcionan grandes ventajas para muchas aplicaciones en varios sectores industriales como por ejemplo:

- **Industria Alimentaria:** Panaderías industriales, carnicerías, procesos de rendering, fabricación de comida procesada y comida para bebés, bebidas y productos lácteos.
- **Industria Textil:** Secadores rotativos, teñido, balanceo y tejido.
- **Industria Química:** Reactores y almacenaje.
- **Farmacéuticas:** Fabricación de medicamentos y componentes, vacunas, vapor estéril.
- **Cosmética:** Perfumes, cremas.
- **Industria Papelera/ de Impresión:** Túneles de secado, secado de impresión, cartón ondulado.
- **Industria Cementera:** Fabricación de piezas de cemento.

- **Industria Maderera:** Procesos de melanina y madera contrachapa.
- **Hospitales/Hoteles:** Lavandería, cocina.
- **Industria Automovilística y Tratamiento de Superficies:** Acabado del metal, electrodepositos<sup>2</sup>.

#### 1.4.2 Características de la Caldera

- Las calderas pirotubulares se usan principalmente para sistemas de calefacción para la producción de vapor requerido en los procesos industriales o como calderas portátiles.
- Se construyen en tamaños de hasta unos 6.800 Kg. (15.000 lb) de vapor por hora. La caldera de baja presión está limitada a 1.05 Kg/cm<sup>2</sup> (15 lb/plg<sup>2</sup>) de presión de vapor, y la caldera de vapor para generación de fuerza, puede operar a una presión de 17.6 Kg/cm<sup>2</sup> (250 lb/plg<sup>2</sup>).
- La caldera pirotubular se usa generalmente en donde la demanda de vapor es relativamente reducida, comparada con la demanda de las grandes centrales termoeléctricas.

---

<sup>2</sup> Sergi Fornis F. Maquinas Térmicas Motoras- Volumen 1, pág. 15.

- No se utiliza para el accionamiento de turbinas, porque no es conveniente adaptable a la instalación de supercalentadores.
- Su posibilidad de sobrecalentamiento es limitada y depende del tipo de la caldera; con el aumento de la demanda de vapor; la temperatura de los gases se eleva rápidamente.
- El costo de una caldera pirotubular instalada, es relativamente baja.

### **1.4.3 Ventajas y Desventajas de las Calderas Pirotubulares**

#### **1.4.3.1 Ventajas**

- Tienen menor costo de fabricación
- Se pueden construir en tamaños que son relativamente pequeños para facilitar su manejo e instalación
- Son de tipo portátil
- Su mantenimiento es fácil
- Pueden soportar fluctuaciones en las demanda de vapor

### **1.4.3.2 Desventajas**

- Tienen limitaciones en altas presiones
- La producción de vapor es reducida
- Espacio limitado para instalar equipos auxiliares (Supercalentadores)

### **1.4.4 Formas de Transferencia de Calor en las Calderas**

La función de esta es llevar el calor desde el hogar que es el lugar donde se quema el combustible, hasta llegar al agua la cual se encuentra dentro de la caldera, presenta ciertos problemas para la transferencia de calor. El calor puede ser transferido desde un punto a otro debido a tres métodos diferentes como lo son la radiación, conducción y convección. Las calderas están diseñadas para utilizar de manera eficiente los tres métodos.

#### **1.4.4.1 Radiación**

Es el fenómeno de transferencia de calor en forma de ondas parecidas a las ondas de radio y luz. De igual manera que la luz estas ondas pueden pasar de forma libre por el aire y otras materias que son transparentes sin tener un efecto aparente en ninguna de ellas.



Las llamas del combustible que se encuentran ardiendo en el hogar en todas las direcciones, este calor radiante es uno de los grandes porcentajes que pasa de manera directa desde la llama a la superficie de calefacción de la caldera en donde esta es absorbida.

#### **1.4.4.2 Convección**

La transferencia de calor por convección se da debido al movimiento que tiene el fluido. El fluido frío adyacente a las superficies calientes recibe el calor que luego es transferido al resto de los fluidos mezclándose con el fluido frío. La convección natural o libre se da cuando el movimiento del fluido no se puede complementar con la agitación mecánica, pero cuando este fluido se agita de manera mecánica, el calor es transferido por convección forzada.

#### **1.4.4.3 Conducción**

Esta se da cuando la energía es transmitida por contacto directo de las moléculas de dos o más cuerpos que tienen un buen contacto térmico entre ellos; es decir, que las moléculas calentadas pueden comunicar su energía a las otras que se encuentran adyacentes a ellas.

En general, los sólidos conducen de mejor manera el calor que los líquidos, esto se debe a la diferencia que tienen de la estructura molécula, puesto que las

moléculas que tiene un gas al momento de encontrarse muy separadas, su transferencia de calor de molécula a molécula se torna muy difícil.

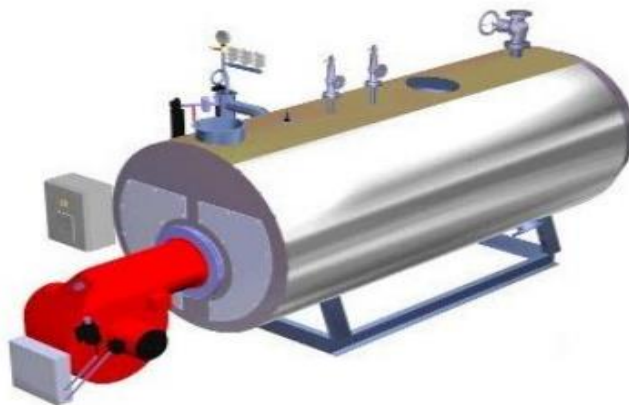
#### **1.4.5 Clasificación de las Calderas Piro tubulares**

Las calderas piro tubulares pueden ser clasificados de diferentes maneras, uno de los más importantes es por su posición, por su fondo de la parte posterior, por el número de pasos; también se podría considerar por el tipo de combustible que este quema, sobre todo cuando existe diferencia entre el combustible sólido y líquido.

##### **1.4.5.1 Según su Posición**

Las calderas de tubos de fuego según su posición pueden ser verticales y horizontales, entre las más comunes se encuentra la de posición horizontal. Ver Figura N°2

**Figura N° 2 Caldera Piro tubular Horizontal**

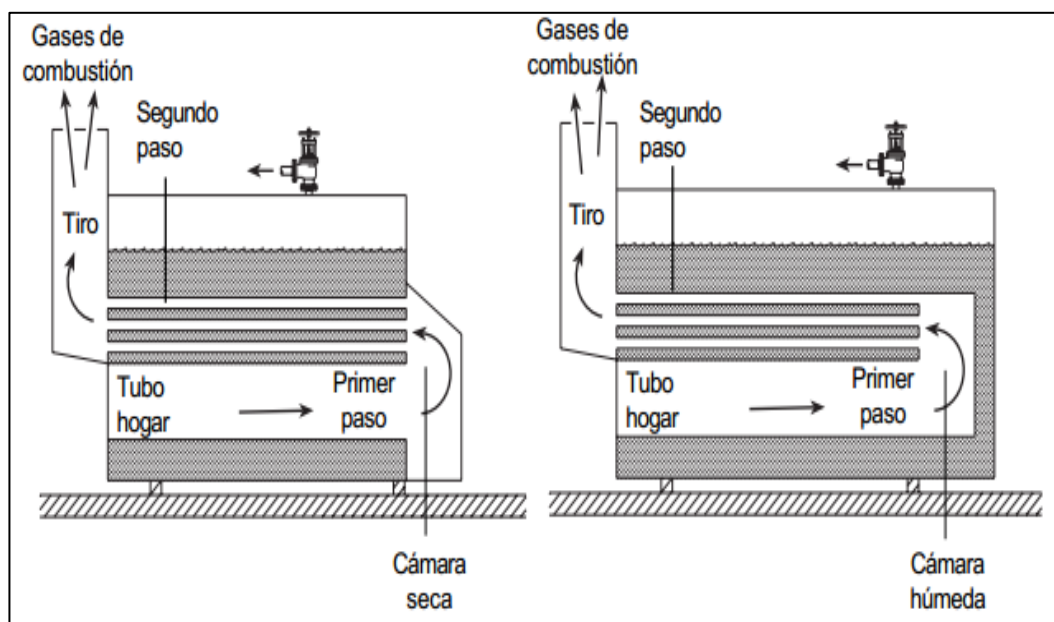


Fuente: [lasmaquinasindustriales.blogspot.com](http://lasmaquinasindustriales.blogspot.com)

### 1.4.5.2 Según el Fondo de la Parte Posterior

La parte posterior de la cámara de combustión que tiene la caldera puede ser de fondo húmedo o seco, esto quiere decir que la cámara es enfriada por el agua. Ver Figura N° 3

Figura N° 3 Fondo de la parte posterior

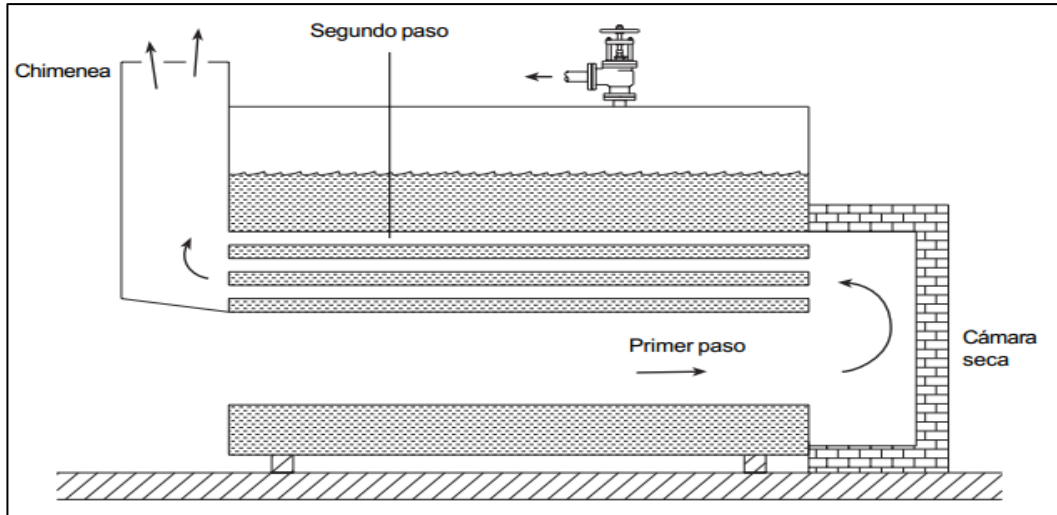


Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/>

### 1.4.5.3 Según el Número de Pasos o Retornos

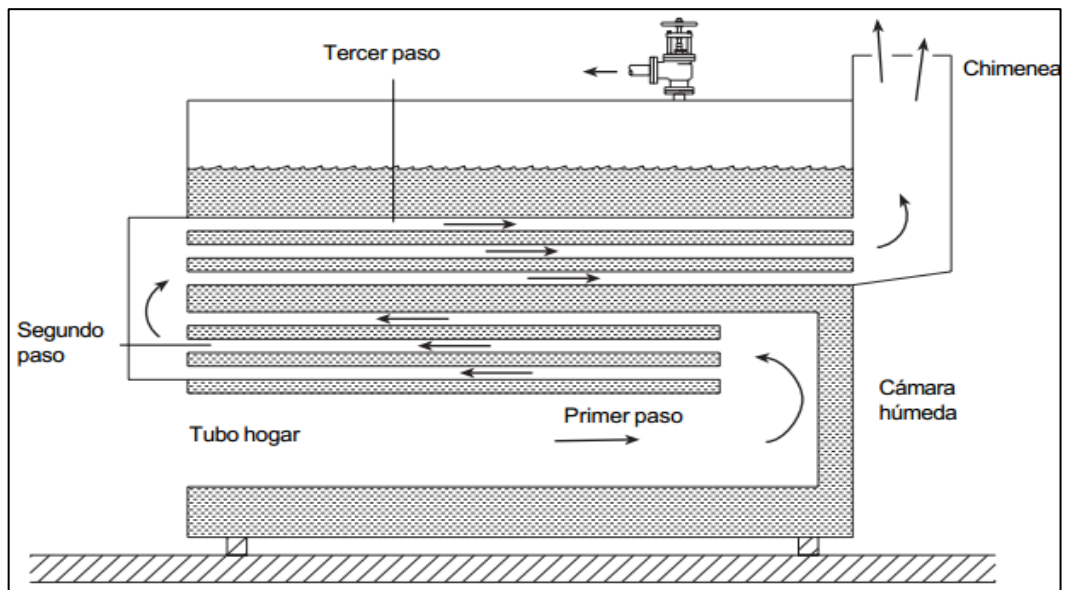
Bajo este parámetro se puede encontrar de dos pasos que son las de fondo seco, la de tres pasos que es con o sin enfriamiento de agua, la de cuatro pasos que es la de fondo seco. Ver Figura N° 4 y 5

**Figura N° 4 Dos Paso**



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

**Figura N° 5 Tres Pasos**



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

#### **1.4.5.4 Según el Combustible Quemado**

Este depende de la factibilidad de quemar los diversos combustibles sólidos, líquidos y gaseosos, entre los que más se utilizan están el Búnker, Diésel, la madera, el carbón, Gas (GLP).

#### **1.4.6 Partes de la Caldera**

Las partes que contiene una caldera pirotubular son las siguientes:

- Cuerpo de la caldera
- Quemador
- Accesorios de control
- Accesorios de seguridad
- Equipos auxiliares

##### **1.4.6.1 Cuerpo de la Caldera**

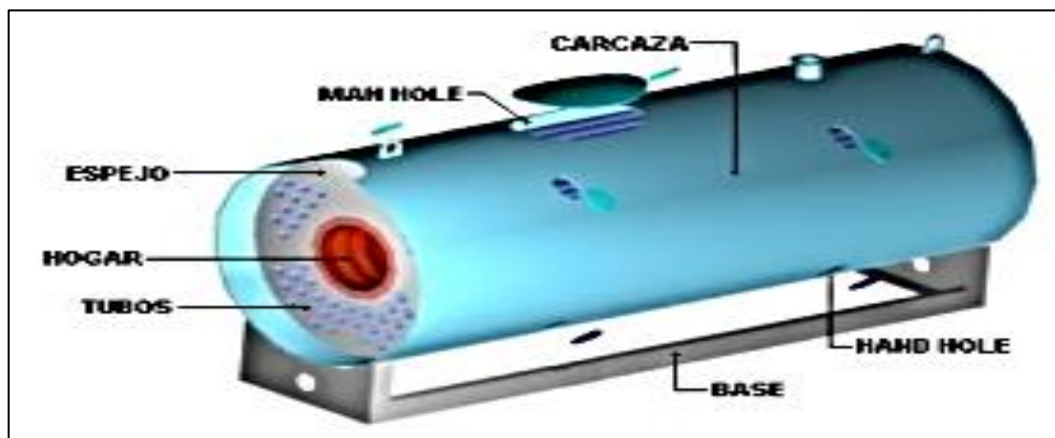
###### **Carcaza**

La carcaza que tiene un caldero Ver Figura N° 6, es la envoltura que cubre al caldero cerrando de esta manera el cilindro a presión, de la misma forma lo hace con las demás partes, estas están constituidas por las planchas de acero que son

resistentes a la temperatura. En este lado del caldero se realizan las perforaciones para la inspección del lado de agua que tiene un caldero, los cuales son:

- El Hand Hole, que es el orificio de mano
- Man Hole, que es el orificio para el hombre

**Figura N° 6 Carcaza de la Caldera Piro-tubular**



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

Estos dos orificios llamados hand hole y man hole tienen el objetivo de facilitar a los trabajos de reparación y limpieza del lado del agua que tiene una caldera.

### **Man Hole**

Este orificio permite que una persona pueda entrar al interior del caldero, es decir al lado de agua. Este tipo de calderos que poseen este ingreso, tienen capacidades medianas hacia al frente, los calderos que son pequeños no lo tienen.

## **Hand Hole**

Además del man hole los calderos están dotados de un grupo de orificios pequeños que se encuentran distribuidos en la carcasa permitiendo llegar a todos los puntos interiores de la caldera, con solo introducir la mano inspeccionando el interior de los tubos y las carcasas.

### **1.4.6.2 Hogar**

La cámara donde se hace la combustión del caldero se denomina hogar, es aquí donde se genera la energía térmica, es decir, la llama y de esta se puede extraer el calor necesario para producir vapor. Para lograr el mejoramiento del efecto de transferencia de calor aprovechando de esta manera las características que tienen los materiales, se diseñó una cámara de combustión ondulada parecida a un acordeón (Ver figura N° 7), la finalidad que tiene este diseño es:

1. El poder reducir los tamaños que tienen las calderas haciendo que estas sean más compactas.
2. Aumentar el área de transferencia de calor en el punto de mayor energía térmica.

3. Debido a su forma se obtiene mejores resultados para de esta manera contrarrestar los efectos de dilatación y contracción que los materiales pueden sufrir.

**Figura N° 7 Hogar Ondulado para Calderas Piro tubulares**



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

### **1.4.6.3 Tubos**

Los tubos que tiene un caldero piro tubular conducen los diferentes gases calientes de la combustión por todo el interior del mismo que se encuentra rodeado de agua para luego transformarse en vapor. En los calderos que con acuotubulares pasa lo contrario, en estos el agua se encuentra en el interior de los tubos los cuales son rodeador por gases de combustión. Ver figura N° 8

Los tubos dentro de los calderos piro tubulares cumplen dos funciones importantes:

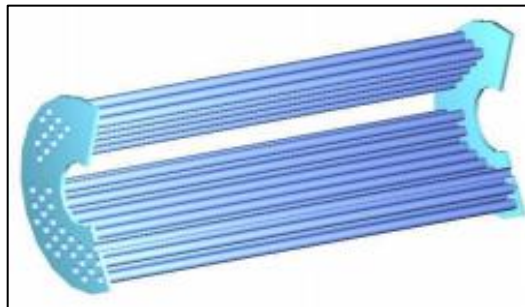
1. Es la de transferir el calor que es producido por la combustión del agua.



- Realizan la función de tensores para que los espejos no se pueda reflejar, es decir, no se abomben.

Los pasos que tienen los calderos pirotubulares forman los pasos de los calderos, el primero estará conformado por el ducto del hogar del caldero, el segundo, tercero y cuarto paso, estará conformado por los diferentes grupos de tubos, que según el área transversal parten del primer paso y van decayendo de manera paulatina en los porcentajes del 15 a 18% al segundo paso y así sucesivamente.

**Figura N° 8 Tubos de Fuego**

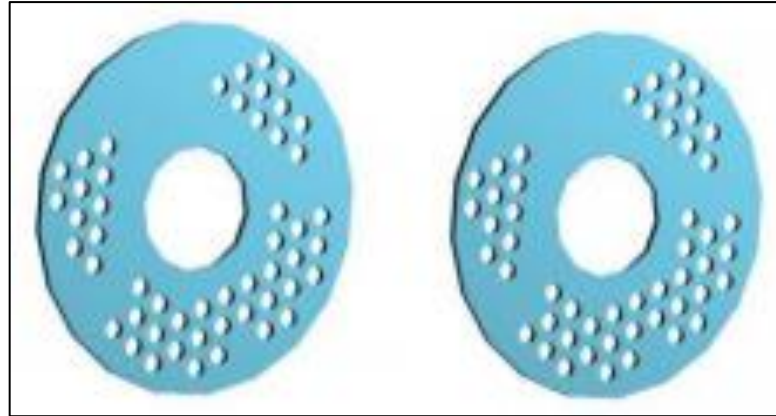


**Fuente:** <http://www.spiraxsarco.com/>

#### **1.4.6.4 Espejos**

Los espejos son planchas de acero en forma de círculos en los cuales se hacen orificios para de esta manera alojar los tubos y el hogar, estos encierran el espacio destinado para la acumulación del agua y el vapor dentro del caldero. Ver Figura N° 9

**Figura N° 9 Espejos**

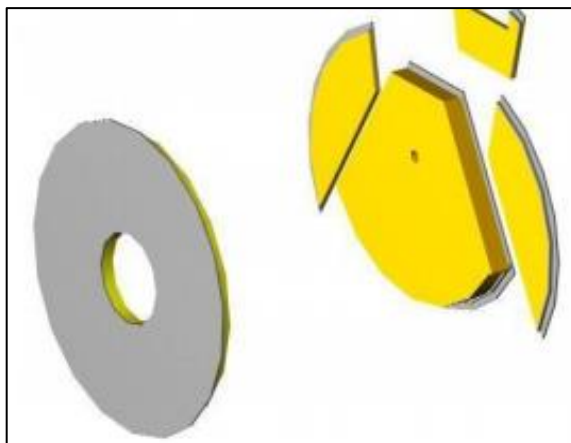


Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/>

#### **1.4.6.5 Compuertas**

Las compuertas que tiene un caldero también son de acero. El objetivo principal de este es el de cerrar el lado de fuego del caldero, como también la de desviar los gases de la combustión para que de esta manera pasen por los pasos de la caldera. Ver Figura N° 10. La compuerta posterior por recibir el impacto de manera directa por la llama, parte de esta que está protegida con material refractario.

**Figura N° 10 Compuertas Delanteras y Posterior**



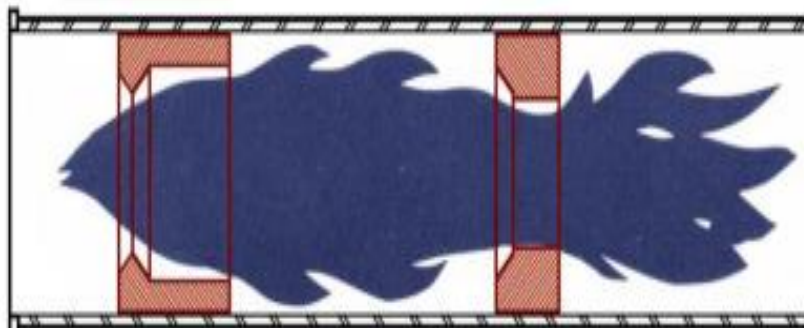
Fuente: <http://www.spiraxsarco.com/>

#### 1.4.6.6 Refractario

Dentro de un coladero pirotubular se tienen por lo general dos refractarios:

El primero se encuentra ubicado en la compuerta posterior del caldero, este recibe de manera directa el impacto de la llama y los gases caliente producto de la combustión. La misión que tiene este es la de proteger el metal que se encuentra justo detrás de él, refractando de esta manera los rayos de calor que son proyectados en contra de él. Ver Figura N° 11

**Figura N° 11 Compuertas Delanteras y Posterior**



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

Los hogares que tienen los calderos son compactos dentro de estos existen los anillos de material refractario, los mismo que cumplen la función de darle forma a la llama acelerando de esta manera los gases de la combustión ayudando a vencer los pasos posteriores del caldero, estos se encuentran en los calderos que son accionados por motores de más de 100 HP.

#### **1.4.6.7 Aislamiento Térmico**

Como todo cuerpo entre más frío exista más calor emitirá y considerando que los calderos trabajan a altas temperaturas rodeados generalmente por aire frío, cederán una parte de su calor al entorno que lo rodea, para evitar el desperdicio de energía se debe de colocar al caldero en una envoltura de material aislante térmico, que puede ser lana de cerámica con espesor de 2 pulgadas o lana de vidrio, cubierto con tol metálico para evitar que se destruya.

#### **1.4.6.8 Quemador**

El quemador es uno de los dispositivos que ayuda a que se realice la combustión dentro del hogar. Generalmente depende del combustible que se va a quemar, variando los sistemas quemadores. Para el diesel número 2 se necesita atomizar la presión del combustible y para combustionarlo se necesita precalentarlo para disminuir su viscosidad y atomizarlo por medio mecánico como los es la presión con la ayuda de vapor o aire comprimido.

La utilización y al eficiencia satisfactoria del aceite combustible, esta depende de la capacidad de los quemadores para poder atomizar el aceite y poder mezclarlo con el aire en proporciones correctas.

#### **1.4.6.9 Partes del Quemador**

El quemador de la caldera se encuentra conformado por una gran cantidad de partes, las partes principales se encuentran agrupadas en el siguiente orden:

- **Suministro de Aire**
  - Ventilador
  - Difusor
  
- **Manejo de Combustible**
  - Bombas de combustible
  - Ductos de combustible
  - Válvulas selenoides
  - Boquillas
  
- **Encendido del Quemador**
  - Transformador de ignición
  - Detector de llama
  - Electrodo

#### **1.4.6.9.1 Elementos para Suministro y Control de Aire**

##### **Ventilador**

El ventilador es un elemento encargado de proporcionar el aire necesario para la combustión. Este aire es tomado del ambiente y lo presuriza dentro de la cámara de combustión, pasando previamente por el difusor de aire. Para poder controlar la cantidad de aire que se inyecta al hogar, existe una compuerta ubicada a la entrada del quemador, esta es conocida como “Damper de entrada” la misma que puede ubicarse en varias posiciones durante el proceso de combustión permitiendo de esta manera que pase la cantidad adecuada de aire, dependiendo de la fase en la que se encuentre el proceso de combustión del quemador. Dependiendo del tipo de caldero el damper puede optar por tener las siguientes posiciones:

- Caldero de un solo fuego.
- Caldero de fuego alto y bajo
- Caldero de modulación full

##### **Difusor**

Estos son los encargados de mezclar el aire que es suministrado por el ventilador de las partículas pulverizadas del combustible, para que puedan entrar en contacto y de esta manera lograr la combustión más eficiente, el difusor logra tener un

efecto tangencial del suministro de aire para de esta manera brindar una mayor transferencia de calor a la cámara de combustión.

#### **1.4.6.9.2 Elementos para Manejo de Combustible**

##### **Bombas de Combustible**

La bomba de combustible es aquella que suministra de combustible a la boquilla, en el caso de los quemadores de presión la bomba es la que se encarga del suministro de combustible, por lo general a presiones que oscilan entre los 690 a 1034 Kpa, depende de lo que el sistema requiera.

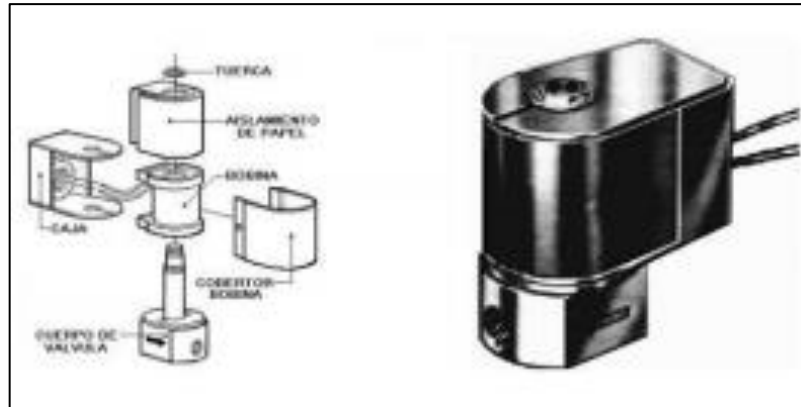
En el caso de los quemadores la atomización de aire o vapor se realiza el suministro de combustibles a presiones que son bajas a 345 Kpa, a estas se las conoce como bombas de transferencia de combustible.

##### **Válvulas Solenoides**

Estas son válvulas eléctricas que ayudan a controlar el ingreso de combustible al caldero, a estas las controla el programador.

Para los calderos que son de un solo fuego existe tan solo una válvula solenoide.

**Figura N° 12 Válvula Solenoide**



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



## **CAPÍTULO II**

### **SITUACIÓN ACTUAL DEL PROBLEMA DE LA PRÁCTICA**

#### **2.1. EL PENSUM ACADÉMICO Y LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD**

El pensum académico que será tomado como análisis es del año 2013 - 2015, ya que es el último actualizado, este es fundamental para la formación profesional de los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial, consta de cinco años que dura el período académico, la cual está conformada por materias de formación humana, básica, profesional y materias optativas.

Las principales asignaturas para la formación profesional de los estudiantes se detallan a continuación:

1. Química y laboratorio
2. Termodinámica
3. Ingeniería de métodos y laboratorio
4. Operaciones unitarias
5. Investigación de operaciones
6. Procesos industriales

7. Control de la producción
8. Gestión de calidad
9. Tesis de grado

El pensum académico de la carrera que se detalla a continuación en la Figura N° 13, es el último actualizado.

Al hablar de la asignatura de Operaciones Unitarias dentro de la formación profesional de los estudiantes de la carrera, se puede decir que esta es parte de los diferentes procesos físicos, porque se realizan para producir cambios, como son; la transmisión de calor, el flujo de los diferentes fluidos, la destilación, todos estos procesos para llevarlos a la práctica deben ser realizados en equipos didácticos en este caso una caldera pirotubular, en el cual le permitan aplicar los conocimientos adquiridos en teoría llevándolos a la práctica. Es por esta razón que se hace necesaria la implementación de un caldero pirotubular didáctico que permita a los estudiantes llevar lo aprendido en el aula de clases a la práctica.

Figura N° 13 Pensum Académico

PENSUM ACADÉMICO POR ÁREA DE CONOCIMIENTO										
PRIMER SEMESTRE	FB 101 FÍSICA Y LAB. I	FP 102 DIBUJO INDUSTRIAL I	FB 103 QUÍMICA Y LAB. I	FB 104 CÁLCULO DIFERENCIAL	FH 105 INFORMÁTICA I	FH 106 DERECHO	FB 101 INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA INDUSTRIAL			
SEGUNDO SEMESTRE	FB 201 FÍSICA Y LAB. II	FP 202 DIBUJO INDUSTRIAL II	FB 203 QUÍMICA Y LAB. II	FB 204 CÁLCULO INTEGRAL	FH 205 INFORMÁTICA II	FB 206 TECNOLOGÍA DE MATERIALES I				
TERCER SEMESTRE	OP 301 MECÁNICA ANALÍTICA I	OP 302 ELECTRICIDAD IND Y LAB. I	FB 303 TERMODINÁMICA	FB 304 MATEMÁTICA SUPERIOR I	FP 305 MECÁNICA IND. Y TALLER I	FB 306 TECNOLOGÍA DE MATERIALES II				
CUARTO SEMESTRE	OP 401 MECÁNICA ANALÍTICA II	OP 402 ELECTRICIDAD IND Y LAB. II	FB 403 TERMODINÁMICA Y LAB.	FB 404 METMÁTICA SUPERIOR II	FP 405 MECÁNICA IND Y TALLER II	OP 406 ESTADÍSTICA				
QUINTO SEMESTRE	OP 501 RESISTENCIA DE LOS MATERIALES I	OP 502 SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICOS Y	FB 503 OPERACIONES UNITARIAS Y LAB.	OP 504 ESTADÍSTICA PARA LA INGENIERÍA	FP 505 INGENIERÍA DE METODOS Y LAB. I	FP 506 CONTABILIDAD GENERAL				
SEXTO SEMESTRE	OP 601 RESISTENCIA DE LOS MATERIALES II	OP 602 SISTEMA DE CONTROLES ELÉCTRICOS Y LAB.	FB 603 OPERACIONES UNITARIAS II Y LAB.	FP 604 METODOS NUMERICOS I	FP 605 INGENIERÍA DE METODOS Y LAB. II	FP 606 CONTABILIDAD DE COSTOS				
SEPTIMO SEMESTRE	FP 701 ELEMENTOS DE MÁQUINAS	FP 702 SEGURIDAD INDUSTRIAL	FP 703 PROCESOS INDUSTRIALES I	FP 704 METODOS NUMERICOS II	FP 705 INVESTIGACIÓN OPERACION I	FB 706 INGENIERÍA ECONOMICA				
OCTAVO SEMESTRE	FP 801 DISEÑO DE PLANTA	FP 802 SEGURIDAD INTEGRAL	FP 803 PROCESOS INDUSTRIALES II	FP 804 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN I	FP 805 INVESTIGACION DE OPERACION II	FP 806 INGENIERÍA ECONOMICA II				
NOVENO SEMESTRE	FP 901 DESARROLLO INDUSTRIAL	OP 902 IMPACTO AMBIENTAL	FP 903 GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN I	FP 904 GESTIÓN DE CALIDAD I	FP 905 PROYECTOS INDUSTRIALES I	OP 906 METODOLOGIA INVESTIGACION II				
DÉCIMO SEMESTRE	FP 1001 ESTRATEGIAS DE EMPRENDIMIENTO	OP 1002 GESTIÓN AMBIENTAL	FP 1003 GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN II	FP 1004 GESTIÓN DE CALIDAD II	OP 1005 PROYECTOS INDUSTRIALES II	FP 1006 RELACIONES INDUSTRIALES				

EJES
TRANSVERSALES
FB=FORMACIÓN BÁSICA
FH=FORMACIÓN HUMANA
FP=FORMACIÓN PROFESIONAL
OP=OPTATIVA

Fuente: Facultad de Ingeniería Industrial  
 Elaborado por: Jorge Figueroa Cires

## **2.2. INVESTIGACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE LAS FALENCIAS EN LAS ASIGNATURAS QUE TIENE PROBLEMAS CON LA PRÁCTICA Y NECESIDAD DE UN CALDERO**

### **2.2.1. Estudio de la Práctica en la Asignatura Operaciones Unitarias**

La asignatura de operaciones unitarias consiste en la adquisición de los conocimientos básicos para el diseño de las operaciones donde es necesaria la modificación de las composiciones de las mezclas y soluciones, por medio de métodos que no impliquen reacciones químicas, basados en los fenómenos de transferencia de masa o transferencia de calor y masa en simultánea.

En la asignatura mencionada anteriormente no se realizan prácticas, todo lo enseñado solo queda en la teoría, debiendo los estudiantes practicar externamente para de esta manera aplicar los conocimientos adquiridos dentro del aula de clases en la vida profesional, beneficiando a cada uno de los estudiantes.

### **2.2.2. Estudio de la Práctica en la Asignatura Termodinámica**

En los diferentes procesos industriales necesitan la aplicación de los diversos principios que rigen en la termodinámica. Los conocimientos que son adquiridos dentro de la asignatura son básicos de la termodinámica, entre ellos se encuentran

los análisis de tipo energéticos, como también los sistemas sobre las potencias para la generación de electricidad, además del ciclo de refrigeración.

Los conocimientos sobre si el proceso termodinámico pueda ocurrir en la realidad o no es importante para el diseño de los procesos nuevos, como también el conocimiento de las prestaciones máximas que se pueden obtener de los diferentes equipos o dispositivos que necesitan de la instalación energética.

El estudio sobre las propiedades termodinámicas acerca de los fluidos del trabajo que transitan por los dispositivos, aire, refrigerantes, agua, la mezcla de los gases y los gases, es imprescindible para el análisis del comportamiento de los sistemas térmicos. De la misma manera el estudio de los procedimientos que se siguen para llegar al análisis energético de las instalaciones energéticas de los sistemas de refrigeración, procesos de combustión y acondicionamiento de aire son de gran interés.

Por tal motivo se considera a esta materia como necesaria para lograr en los ingenieros una formación integral, ya que por medio del estudio de la asignatura de termodinámica se dan los diferentes pasos previos para el desarrollo de la ingeniería.

Las clases impartidas sobre esta asignatura no son llevadas a la práctica debido a que no se cuentan con los instrumentos necesarios para lograr una mejor

enseñanza, preparando de esta manera a los estudiantes de la carrera para la vida profesional.

### **2.2.3. Estudio de la Práctica en la Asignatura de Química**

Esta proporciona una formación adecuada en las bases teóricas y en las tecnologías propias de éste ámbito, los estudiantes por medio de esta asignatura podrán, diseñar, controlar, organizar y gestionar equipos, operar la planta y los productos en el área industrial.

Para lograr un mejor aprendizaje de esta materia los estudiantes deben aplicar la teoría en la práctica cosa que no se ha venido haciendo con el pasar de los años, para lo cual se pretende el diseñar un caldero pirotubular didáctico, para que de esta manera lo aprendido se pueda llevar a la práctica.

### **2.3. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

Para una mejor distribución de los datos obtenidos en el campo investigativo de este presente trabajo, se utilizará técnicas e instrumentos que sustenten las necesidades que tiene la educación en la provincia.

**Encuestas:**

Dirigida a los estudiantes de la facultad

**Observación:**

A través de la observación directa se conocerá cuáles son los procedimientos que aplican actualmente las instituciones educativas, en relación a la generación, tratamiento, disposición final de agua caliente por medio de un caldero pirotubular el cual es motivo de estudios y de esta manera se cumplan con las normas y procedimientos nacionales e internacionales en materia educativa.

**2.4 POBLACIÓN Y TAMAÑO DE LA MUESTRA****2.4.1. Población**

La población sujeta a estudio, está conformada por todos los estudiantes y docentes que conforman la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

La población se encuentra detallada en la Tabla N° 1

**Tabla N° 1: Población**

<b>NÚMERO</b>	<b>DETALLE</b>	<b>POBLACIÓN 2014</b>
1	Estudiantes	120
2	Docentes	10
<b>Total</b>		<b>130</b>

**Fuente.** Universidad Estatal península de Santa Elena  
**Elaborado por:** Jorge Figueroa Cires

#### 2.4.2. Tamaño de la Muestra

Se calculará la muestra que será objeto de estudio, por medio de la aplicación de la fórmula de la muestra probabilística la cual es la siguiente:

$$n = \frac{N}{(e^2 (N-1) + 1)}$$

Dónde:

N = Universo

e = Error permitido elevado al cuadrado

n = Muestra

#### **Cálculo de la Muestra Probabilística de los Estudiantes**

Fórmula:

$$n = \frac{130}{0,05^2(130 - 1) + 1}$$



$$n = \frac{130}{0,0025 (129) + 1}$$

$$n = \frac{130}{1.3225}$$

$$n = 98.30$$

$$n = 98 \text{ Estudiantes}$$

#### **2.4.3. Aplicación de Encuestas a Estudiantes**

De las preguntas realizadas a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial se tomaron en consideración 3 preguntas las cuales, se las consideró como relevantes para evidenciar la problemática existente.

El formulario de la encuesta se encuentra en el anexo N°1

En la interrogante número 1.

**¿Tienes problemas con las asignaturas de operaciones unitarias, termodinámica y química por la falta de la práctica?**, se tienen los siguientes porcentajes, el 74% respondió que sí, en tanto que un 24% dijo que no; es evidente que los estudiantes presentan problemas en estas asignaturas debido a la falta de práctica.

También se tomó en consideración la interrogante número 2, la cual dice lo siguiente:

**¿Cuenta la carrera de Ingeniería Industrial con una caldera pirotubular didáctica?**, el 100% de los estudiantes encuestados manifestaron que en la carrera de Ingeniería Industrial no se cuenta con una caldera pirotubular eléctrica para la práctica de las asignaturas de operaciones unitarias, termodinámica y química.

Finalmente se tomó en consideración la interrogante número 6:

**¿Crees necesaria la implementación de un caldero pirotubular didáctico para la práctica de las diferentes asignaturas?**, en la cual un 76% está muy de acuerdo y un 24% está de acuerdo, los estudiantes manifestaron que se encuentran de acuerdo con que se implemente un caldero pirotubular didáctico para la práctica de las asignaturas arriba mencionadas, para de esta manera mejorar la enseñanza en la carrera.

**Primera Pregunta: ¿Tienes problemas con las asignaturas de operaciones unitarias, termodinámica y química por la falta de la práctica?**

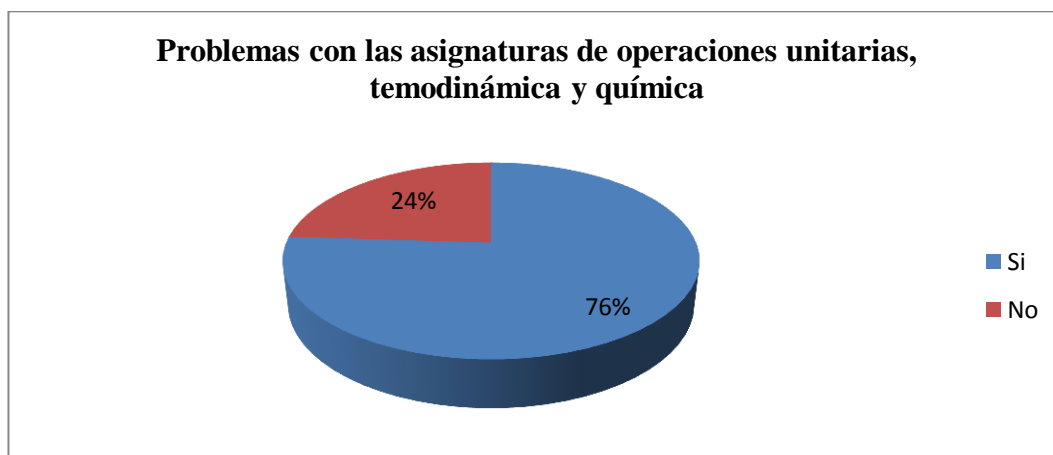
**Tabla N° 2**

ITEMS	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
<b>1</b>	Si	74	76%
	No	24	24%
	<b>TOTAL</b>	98	100%

**Fuente:** Datos de la investigación

**Elaborado por:** Jorge Figueroa Cires

**Gráfico N° 2**



**Fuente:** Datos de la investigación

**Elaborado por:** Jorge Figueroa Cires

### **Análisis**

Se observa de la siguiente interrogante que los estudiantes encuestados el 76% manifestó que si, mientras que un 24% afirmó que no, con esta información se puede concluir que en su mayoría los encuestados concuerdan que si tienen problemas en las asignaturas debido a la falta de práctica.

**Segunda Pregunta: ¿Cuenta la carrera de Ingeniería Industrial con una caldera pirotubular didáctica?**

**Tabla N° 3**

ITEMS	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
2	Si	0	0%
	No	98	100%
	<b>TOTAL</b>	98	100%

**Fuente:** Datos de la investigación

**Elaborado por:** Jorge Figueroa Cires

**Gráfico N° 3**



**Fuente:** Datos de la investigación

**Elaborado por:** Jorge Figueroa Cires

**Análisis**

El 100% de los estudiantes de la carrera respondieron que no cuentan con una caldera pirotubular didáctica, motivo por el cual los estudiantes no pueden realizar sus prácticas, teniendo que limitarse solo a la teoría y no a la práctica.

**Tercera Pregunta: ¿La Facultad de Ingeniería Industrial cuenta con materiales didácticos para la práctica de las asignaturas que lo requieran?**

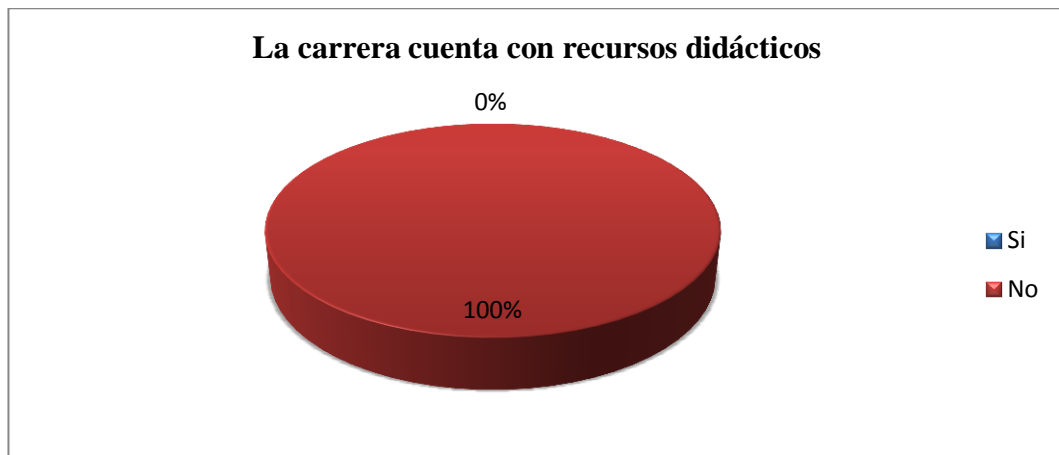
**Tabla N° 4**

ITEMS	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
3	Si	0	0%
	No	98	100%
	<b>TOTAL</b>	98	100%

**Fuente:** Datos de la investigación

**Elaborado por:** Jorge Figueroa Cires

**Gráfico N° 4**



**Fuente:** Datos de la investigación

**Elaborado por:** Jorge Figueroa Cires

### **Análisis**

En esta tercera interrogante los estudiantes respondieron en su mayoría que no se cuenta con los materiales didácticos necesarios para la enseñanza de las asignaturas, en la carrera de Ingeniería Industrial, lo que provoca de los estudiantes no utilicen sus conocimientos en la práctica dentro del aula de clases.

**Cuarta Pregunta: ¿Considera que la falta de la práctica ocasiona que los estudiantes no adquieran los conocimientos necesarios?**

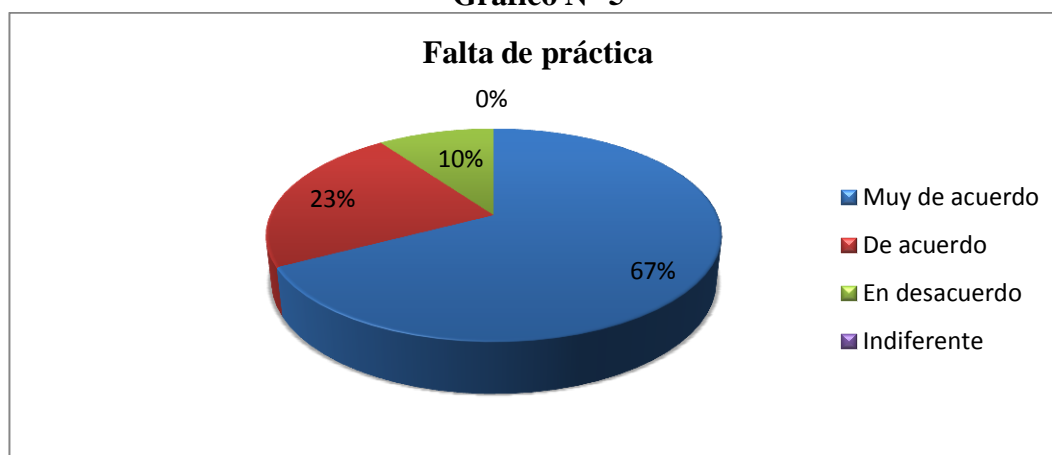
**Tabla N° 5**

ITEMS	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
4	Muy de acuerdo	66	67%
	De acuerdo	23	23%
	En desacuerdo	10	10%
	Indiferente	0	0%
	<b>TOTAL</b>	98	100%

**Fuente:** Datos de la investigación

**Elaborado por:** Jorge Figueroa Cires

**Gráfico N° 5**



**Fuente:** Datos de la investigación

**Elaborado por:** Jorge Figueroa Cires

### **Análisis**

67% de los estudiantes respondieron estar muy de acuerdo, el 23% está de acuerdo, mientras que un 10% está en desacuerdo, con esta información se concluye que debido a la falta de práctica los estudiantes no adquieren los conocimientos necesarios en su formación como profesionales ya que hay asignaturas de deben ser llevadas a la práctica.

**Quinta Pregunta: ¿Considera que es importante que la carrera cuente con materiales didácticos para la práctica de las diferentes asignaturas?**

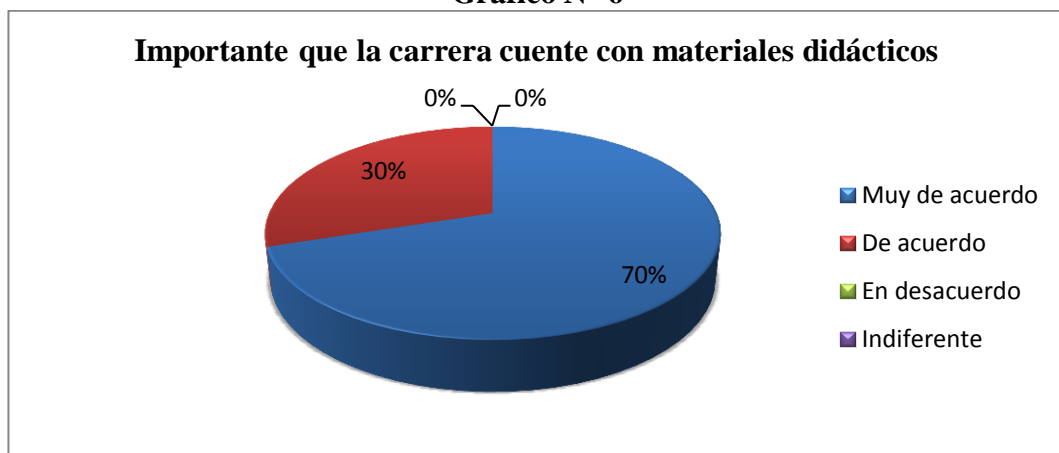
**Tabla N° 6**

ITEMS	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
<b>5</b>	Muy de acuerdo	69	70
	De acuerdo	29	30
	En desacuerdo	0	0
	Indiferente	0	0
	<b>TOTAL</b>	<b>98</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Datos de la investigación

**Elaborado por:** Jorge Figueroa Cires

**Gráfico N° 6**



**Fuente:** Datos de la investigación

**Elaborado por:** Jorge Figueroa Cires

### **Análisis**

Como se puede observar los encuestados respondieron de la siguiente manera, el 70% dijo estar muy de acuerdo, en tanto que un 30% está de acuerdo, con estos datos obtenidos de la pregunta realizada a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial, el total de ellos concuerdan que es importante que se cuente con los materiales necesarios para la práctica de las diferentes asignaturas.

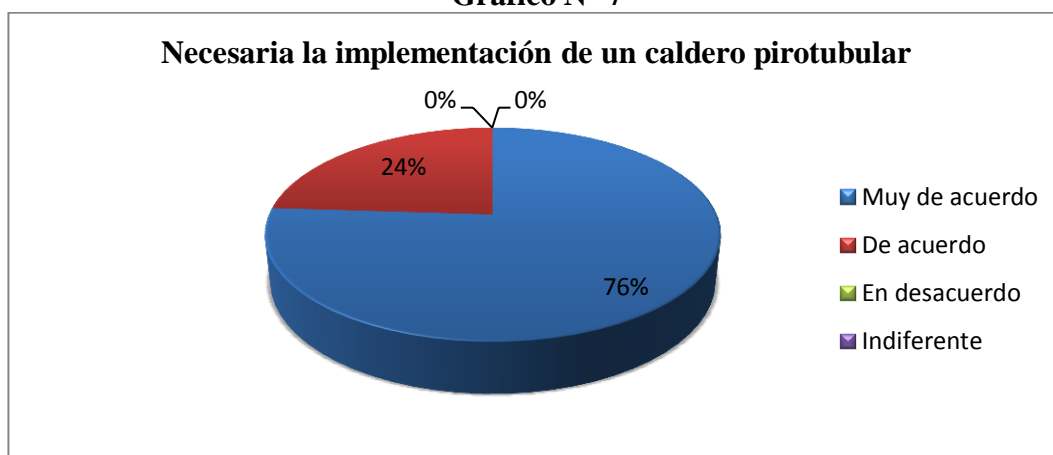
**Sexta Pregunta: ¿Crees necesaria la implementación de un caldero pirotubular didáctico para la práctica de las diferentes asignaturas?**

**Tabla N° 7**

ITEMS	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
6	Muy de acuerdo	74	76%
	De acuerdo	24	24%
	En desacuerdo	0	0%
	Indiferente	0	0%
	<b>TOTAL</b>	98	100%

**Fuente:** Datos de la investigación  
**Elaborado por:** Jorge Figueroa Cires

**Gráfico N° 7**



**Fuente:** Datos de la investigación  
**Elaborado por:** Jorge Figueroa Cires

### **Análisis**

El 76% de los encuestados respondieron estar muy de acuerdo, en tanto que un 24% dijo estar de acuerdo, la totalidad de los estudiantes respondieron que consideran importante la implementación de un caldero pirotubular para realizar las prácticas en las diferentes asignaturas que requieran de este equipo.



**Séptima Pregunta: ¿Consideras que con la implementación de un caldero pirotubular se lograría mejorar la enseñanza de las diferentes asignaturas en la Carrera de Ingeniería Industrial?**

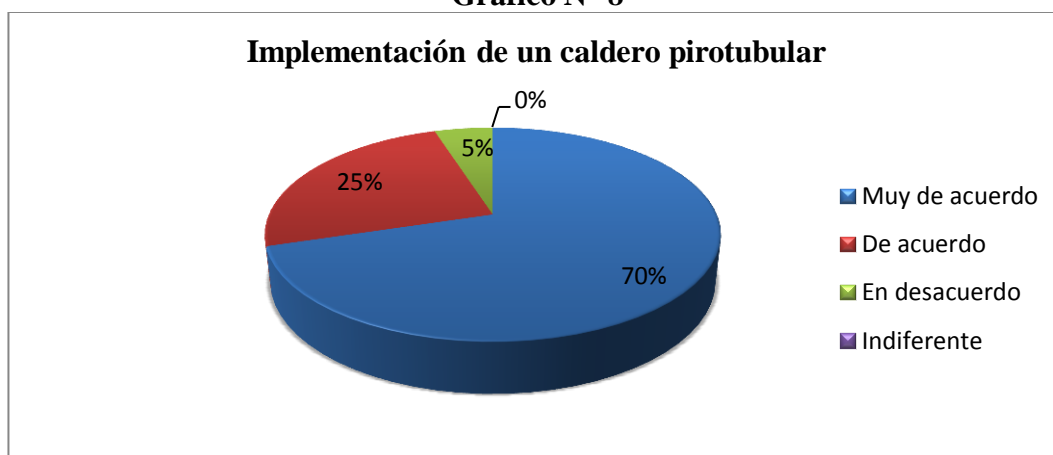
**Tabla N° 8**

ITEMS	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
<b>7</b>	Muy de acuerdo	70	70%
	De acuerdo	24	25%
	En desacuerdo	4	5%
	Indiferente	0	0%
	<b>TOTAL</b>	98	100%

**Fuente:** Datos de la investigación

**Elaborado por:** Jorge Figueroa Cires

**Gráfico N° 8**



**Fuente:** Datos de la investigación

**Elaborado por:** Jorge Figueroa Cires

### **Análisis**

Como se puede observar en la interrogante planteada a los estudiantes el 70% respondió estar muy de acuerdo, el 25% dijo estar de acuerdo, en tanto que un 5% dijo estar en desacuerdo, la información obtenida refleja que los estudiantes en su mayoría consideran que es importante la implementación de un caldero didáctico ya que de esta manera se lograría mejorar la enseñanza en la carrera.

**Octava Pregunta: ¿Estaría de acuerdo en la construcción de un caldero pirotubular didáctico dentro de la carrera de Ingeniería Industrial?**

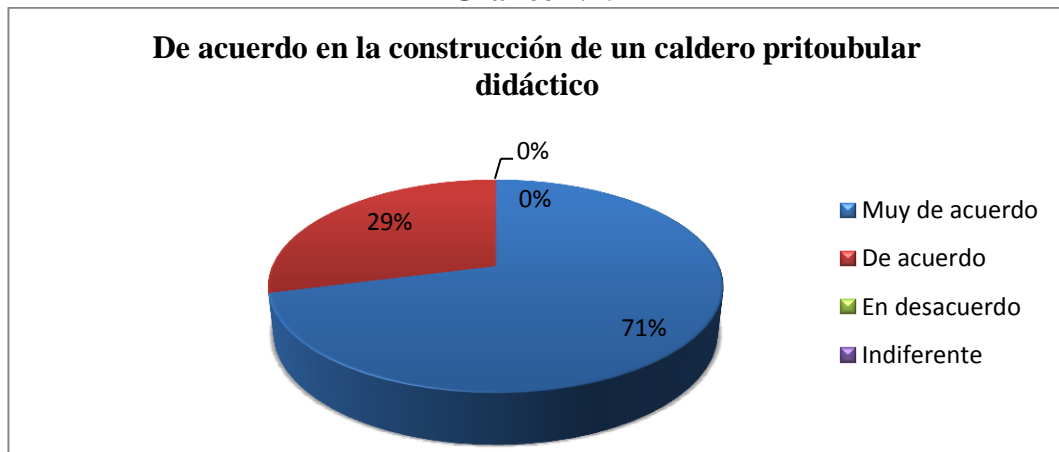
**Tabla N° 9**

ITEMS	ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
8	Muy de acuerdo	70	71%
	De acuerdo	28	29%
	En desacuerdo	0	0%
	Indiferente	0	0%
	<b>TOTAL</b>	98	100%

**Fuente.** Datos de la investigación

**Elaborado por:** Jorge Figueroa Cires

**Gráfico N° 9**



**Fuente.** Datos de la investigación

**Elaborado por:** Jorge Figueroa Cires

**Análisis**

71% de los estudiantes encuestados respondieron estar muy de acuerdo, mientras que el 29% dijo estar de acuerdo en la construcción de un caldero pirotubular didáctico, para la enseñanza de las asignaturas que requieran de su utilización.

Con respecto a las demás preguntas planteadas, se pudo evidenciar que existe el problema dentro de la facultad ya que los estudiantes no cuentan con el material didáctico para la práctica de las asignaturas de operaciones unitarias, termodinámica y química, generando inconvenientes en su aprendizaje; para lo cual se hace necesaria la implementación de un caldero pirotubular que permita la práctica de los estudiantes en las asignaturas que se mencionaron anteriormente.

## 2.5. MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS ESTUDIOS REALIZADO

En la tabla N° 10 se detallan los temas importantes de las materias relacionadas con la implementación de la caldera Pirotubular para que los estudiantes realicen las prácticas.

**Tabla N° 10 Matriz de Identificación y Evaluación**

Identificación	Incidencia	Impacto	Evaluación			Módulo de impacto
			Alto	Medio	Bajo	
<b>Operaciones Unitarias</b>						
Tratamiento, operaciones y circulación de sólidos	D	Calculo de las operaciones, aplicación en la práctica	10			10
Tratamiento y circulación de fluidos	D	Cálculo de circulación de los fluidos	10			10
Operaciones combinadas Sólido-Líquido	D	Cálculo sobre las operaciones sólido y líquido	10			10
						30
<b>Termodinámica</b>						
Mezcla de vapor - gas	D	Práctica con equipos didácticos	10			10
Operaciones de contacto gas - líquido	D	Cálculo y aplicación en la práctica	10			10
Operaciones diabáticas	D	Cálculo y aplicación en la práctica	9			9
Análisis de procesos básicos en mezcla de aire	D	Práctica con equipos didácticos	10			10
						39
<b>Química</b>						
Cálculos de balances de materias y energías	D	Conocimientos teóricos pero no aplicados en la práctica	10			10
Proceso gasificación	D	Poco conocimiento práctico	10			10
						20

**Incidencia:** Directa (D) Indirecta (I)

**Fuente:** Facultad de Ingeniería Industrial

**Elaborado por:** Jorge Figueroa Cires

## **Análisis**

En análisis a la tabla N° 5 se puede evidenciar que el impacto que tienen estas asignaturas en la Carrera de Ingeniería Industrial, es muy alto, es por esta razón que es importante tomar medidas inmediatas para la mejora del aprendizaje en los estudiantes, por medio de la implementación de un caldero pirotubular para la práctica de estas asignaturas.

### **2.5.1. Análisis de Resultados**

- Los estudiantes tienen problemas con ciertas asignaturas técnicas ya que no cuentan con la práctica necesaria para relacionar la teoría con la práctica ayudándolos de esta manera en el afianzamiento de sus conocimientos.
- Los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial no cuentan con una caldera pirotubular didáctica en la cual puedan realizar sus prácticas en las asignaturas que lo requieran.
- La importancia que tienen los equipos didácticos para la adquisición de los conocimientos ayudan en mucho a los estudiantes ya que de esta manera pueden relacionar la teoría con la práctica.

- Es necesaria la construcción de una caldera pirotubular didáctica que ayude en la formación académica de los estudiantes.
- Los principales problemas en la vida profesional de los futuros ingenieros industriales es la falta de práctica de las diferentes asignaturas técnicas limitando el desenvolvimiento de los mismos en lo laborar.

## CAPÍTULO III

### DISEÑO TÉCNICO Y CARACTERÍSTICAS

#### 3.1. PLANO DE UBICACIÓN Y ANCLAJE DEL CALDERO

En la Figura N° 14 se detalla la ubicación de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad de Ingeniería Industrial:

**Figura N°14 Croquis Ubicación Sectorial Universidad Estatal Península de Santa Elena**

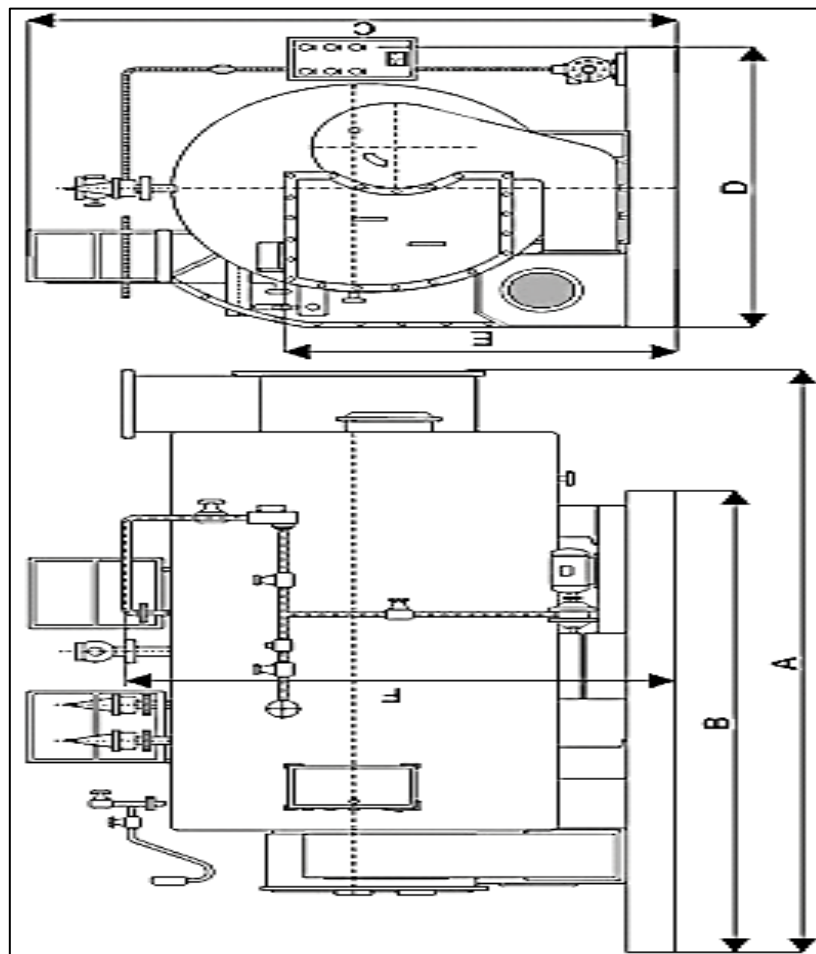


Fuente: Google Earth

## 3.2. DISEÑO Y PLANOS

### 3.2.1. Planos Mecánicos

Figura N° 15 Diseño mecánico



**Fuente:** Facultad de Ingeniería Industrial  
**Elaborado por:** Jorge Figueroa Cires

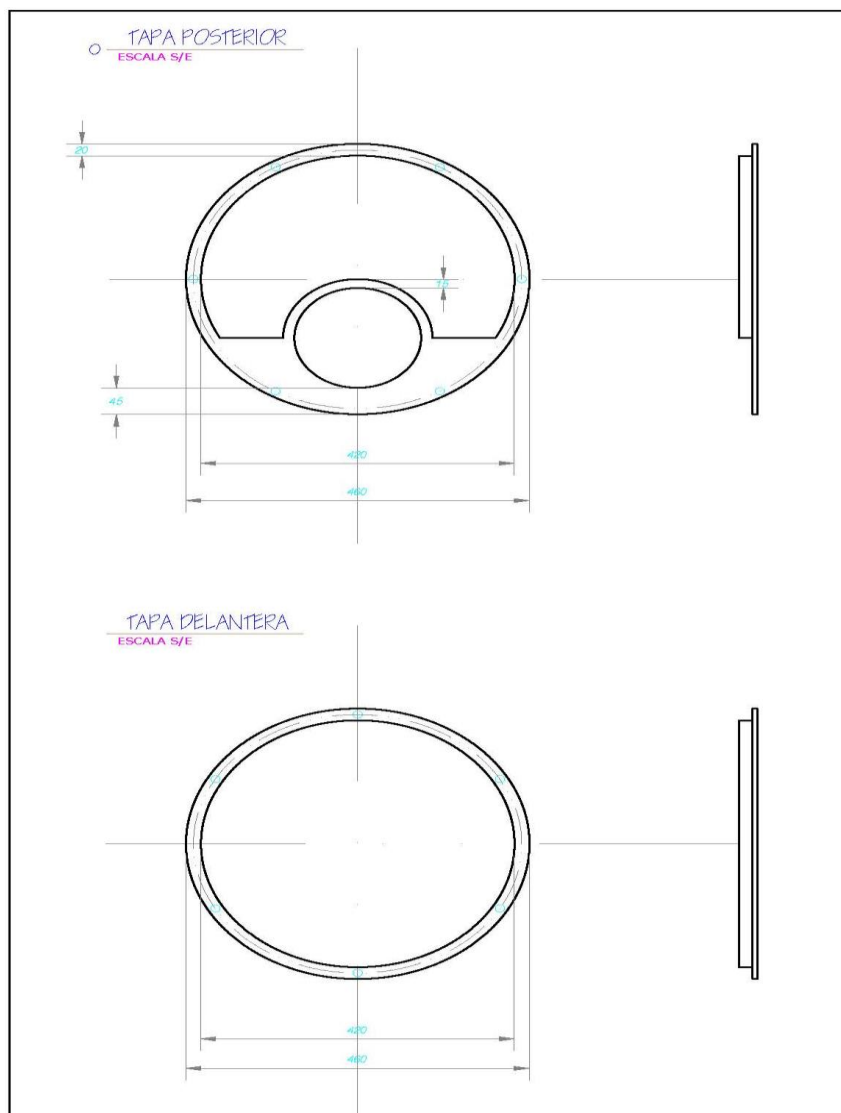
En la Figura N° 15 se puede apreciar el diseño mecánico de la caldera pirotubular propuesta, la cual será implementada para mejorar la enseñanza de las asignaturas de Operaciones Unitarias, Química y Termodinámica, que contribuirá con la



práctica de las mismas, formando de esta manera profesionales con un amplio conocimiento práctico.

### 3.2.2 Planos Estructurales

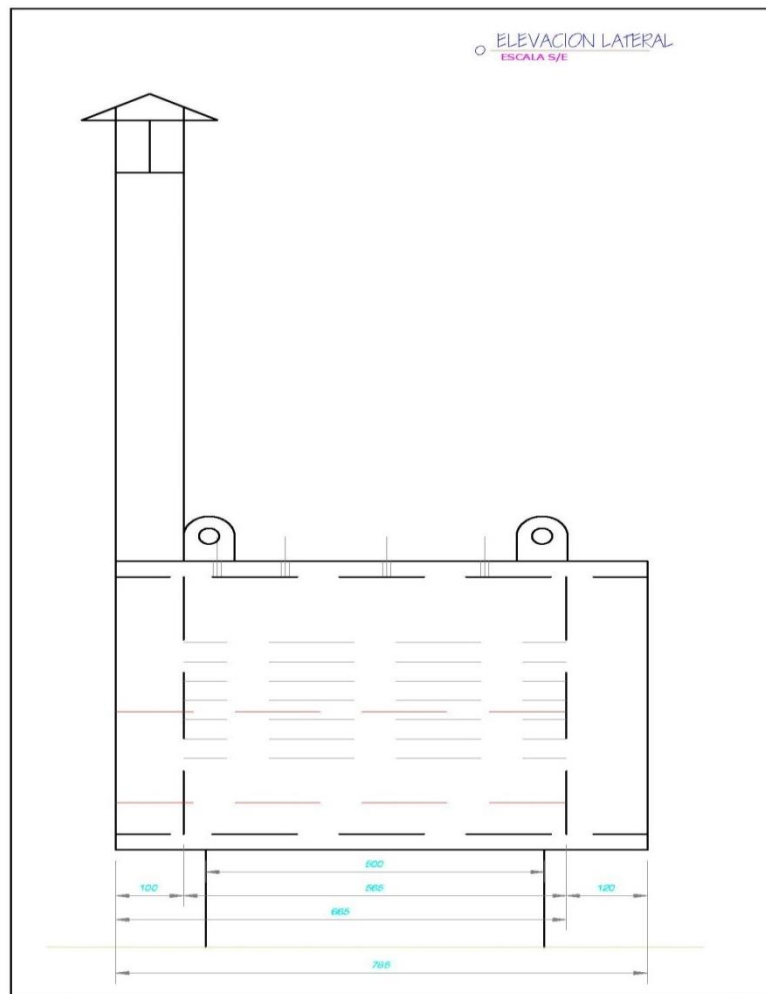
**Figura N° 16 Tapas Frontal y Posterior**



**Fuente:** Facultad de Ingeniería Industrial  
**Elaborado por:** Jorge Figueroa Cires

En la Figura N° 16 se encuentran las tapas donde será colocados los ladrillos refractarios para de esta manera evitar que el calor se propague en el metal exterior, se sujetan los ladrillos con el cemento refractario para evitar que se saldan de su posición.

**Figura N° 17 Elevación Lateral**

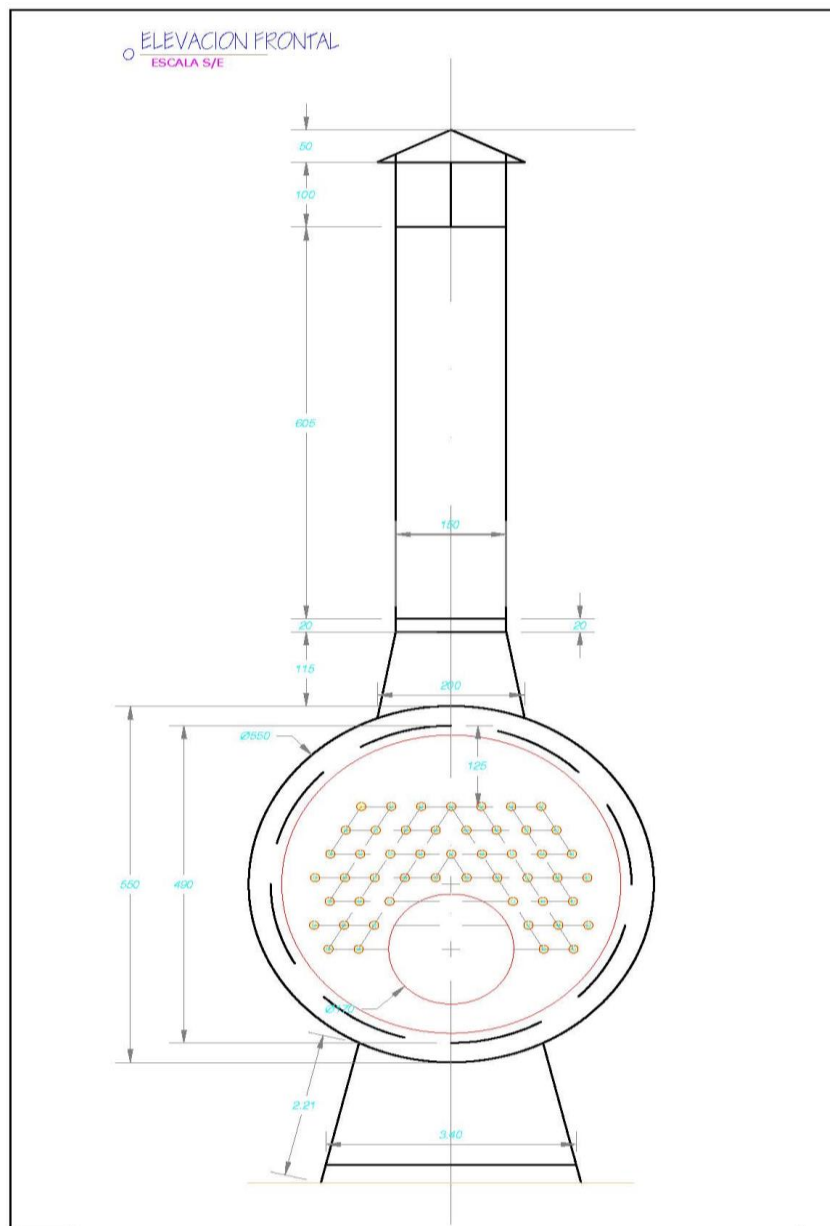


**Fuente:** Facultad Ingeniería Industrial  
**Elaborado por:** Jorge Figueroa Cires

En la Figura N° 17 se observa cómo van colocados los tubos de fuego, los espejos anterior y posterior con los respectivos agujeros de 3/4, también se puede apreciar el tubo de 6" que servirá de hogar, además de la chimenea con su respectivo

sombrero chino, que es por donde saldrán los gases de la combustión, también se aprecia los cáncamos que permiten elevar la caldera para su movilización, en la parte inferior se aprecia las bases donde descansará la caldera durante su operación.

**Figura N° 18 Elevación Frontal**



**Fuente:** Facultad Ingeniería Industrial  
**Elaborado por:** Jorge Figueroa Cires

En la Figura N° 18 se observa la vista frontal de la caldera observando cómo se encuentran distribuidos los tubos de fuego, el diámetro del tubo de la caldera y el tubo del hogar, también se aprecia la base donde descansará y la chimenea de salida de gases.

### **3.2.3 Descripción del Diseño y Funcionamiento de la Caldera**

La caldera pirotubular o mejor conocida como caldera de tubos de humo funciona de la siguiente manera:

En esta caldera los humos pasan por dentro de los diferentes tubos que se encuentran dentro de la caldera y el agua baña a estos por fuera, concebida de manera especial para el aprovechamiento de los diferentes gases de recuperación, los cuales presentan las siguientes características: Los gases son muy calientes y provienen del quemador, estos son conducidos por medio de los múltiples tubos embebidos en el agua contenidos dentro del cuerpo de la caldera, hasta la chimenea donde se encuentra la salida exterior, estos tubos son conocidos como los tubos de fuego.

### **3.2.4 Características de los Materiales a Utilizarse en la Construcción**

#### **Selección de los Materiales**

Para la selección de los materiales se tomaron en consideración los siguientes:

## **Materiales**

- Tubo negro sin costura cédula 80-de 19” 1 metro
- Tubo negro sin costura cédula 40 – 6” 675 mm
- Tubo negro sin costura cédula 40 - ½ 25 metros
- Plancha negra de fierro ½ x 500mm x 1000mm
- Plancha de ¼ x 1 metro x 1 metro
- Plancha galvanizada de 0,5
- Tubo galvanizado de ½ x 6 metros
- Espárragos de acero de 8 mm con tuercas
- Platina de ½
- Platina de ¾
- Codos, nudos, válvulas de compuerta de ½
- Válvula de seguridad , mirilla
- Bloques de ladrillos refractarios
- Lana de cerámica
- Merghollar
- Electrodo

## **Máquinas y Herramientas a Utilizar**

Para la realización del trabajo de construcción del caldero, utilizará las siguientes máquinas y herramientas, las cuales son:

- Torno paralelo
- Taladro de pedestal
- Máquina de soldar eléctrica
- Equipo oxiacetilénico
- Herramientas manuales cómo:
  - Esmeril angular
  - Taladro de mano de ½
  - Machuelos
  - Cizallas
  - Tijeras
  - Brocas
  - Compas para cortador oxiacetilénico
  - Puntos para marcar

### **3.3 CAPACIDAD DE TRABAJO DEL CALDERO**

#### **Capacidad de trabajo del caldero**

Peso sin agua aproximado	16.600 lbs.
Peso con agua aproximado	28.672 lbs
Espacio para vapor con nivel normal de agua	34.9 pies cúbicos
Cantidad de agua en el nivel normal	1.188 galones
Cantidad de agua con la caldera inundada	1.448 galones

### 3.4 CONSTRUCCIÓN DEL CALDERO. SECUENCIA DE LA CONSTRUCCIÓN. GANTT

En el presente diagrama de Gantt se describe el tiempo en días de la construcción del caldero pirotubular.

ACTIVIDAD	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10	Día 11	Día 12	Día 13	Día 14	Día 15
Diseño de ubicación del caldero	█	█	█												
Establecimiento de las bases del caldero				█	█										
Construcción de las bases del caldero						█	█								
Armado de la estructura del caldero								█	█						
Construcción de las piezas del caldero									█	█					
Armado del caldero											█				
Instalación del sistema eléctrico												█			
Instalación de componentes del caldero													█		
Puesta en marcha del caldero														█	
Evaluación de la puesta en marcha del caldero															█

### 3.5 PASOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL CALDERO

En primer lugar se tiene que cortar el tubo de 19” de diámetro a la medida requerida con el cortador oxiacetilénico, luego se pule los extremos con el esmeril angular, para borrar huellas del corte quedando de esta manera listo.

A continuación se cortan los espejos anterior y posterior, por lo que se tiene que marcar en la plancha negra de 1/2” los diámetros exteriores para de esta manera cortar a la medida del diámetro interior del tubo de 19”, como son dos discos iguales se procede a la unión de los puntos de soldadura para marcar los 50

agujeros por donde van a pasar los tubos negros sin costura de  $\frac{1}{2}$ " ; también se marca el centro por donde va a pasar el tubo de 6" que servirá para el hogar de la caldera, este por ser un diámetro grande se lo realizará con un cortador de gases y los 50 agujeros para tubos de  $\frac{1}{2}$ " se los perfora con taladro de pedestal utilizando una broca de  $\frac{3}{4}$ " o de 19mm.

Una vez que se ha terminado esta operación se procede a cortar los puntos de la soldadura para despegar las planchas. Como se necesitan 50 tubos de  $\frac{1}{2}$ " , se realizan los cortes de los mismos a la medida de 570mm, con el cortador del tubo, en este punto se encuentra listo para el ensamblaje de la parte principal de la caldera, por lo que se presentan los espejos dentro del tubo y se puntea; a continuación se procede a la introducción de los 50 tubos de  $\frac{1}{2}$ " , como también los tubos de 6" que conformarán el hogar, una vez presentado y punteado se procede a soldar con electrodos 7018, evitando de esta manera que queden porosidades, por lo que por seguridad se dan (3) pasos de soldadura porque esto va a soportar presión.

Para colocar las tapas frontales y posteriores se tiene que cortar 2 discos de diámetro interior 450mm, diámetro exterior de 550mm con 4 agujeros de 7 mm, para pasar los machuelos de 8mm, que es donde se alojarán los espárragos de 8 mm, para sujetar la tapa frontal y posterior, estos discos permitirán también fijar la lana de porcelana, asegurándola con malla galvanizada para luego poner exteriormente la lámina galvanizada de 0,5 mm como protector de la caldera.



El siguiente paso es cortar las tapas frontal y posterior, siendo sus medidas de diámetro exterior 460 mm x 1/4", en la tapa frontal se tiene que marcar un agujero para que pase el tubo del hogar, esta operación se la realiza con el equipo de corte oxiacetilenico. Estos también llevan 4 agujeros de 9mm para que pasen los espárragos y asegurar las tapas, interiormente la tapa lleva una guía en platina de 3/4" x 1/8", diámetro de 420 mm que también sirve para asegurar los ladrillos refractarios.

En la parte superior de la caldera se hace un agujero rectangular de 200mm x 100 mm, para la salida de los gases y colocar la chimenea con un tubo de 6" de espesor 2mm x 105mm de alto, el mismo que en la parte superior lleva un sombrero chino. Este también tiene perforaciones para entrada y salida de agua, para el nivel de agua, para la purga de los gases y agua. Todos estos son de rosca 1/2" NPT. La caldera descansará en una base de tubo de 3/4" soldada.

## **3.6 MANUALES DE FUNCIONAMIENTO, MANTENIMIENTO Y SEGURIDAD INDUSTRIAL**

### **3.6.1. Manual de Funcionamiento de la Caldera**

#### **Procedimiento Diario de la Caldera**

A continuación se detalla el procedimiento diario que se deberá llevar a cabo para el correcto funcionamiento de la caldera:

- Comprobar cuál es el nivel de los lubricantes en el compresor del tanque de aire y aceite, el cual debe tener un nivel de 1/2.
- Limpiar las boquillas que se encuentran en el quemador de la caldera.
- Obtener muestras de agua para realizar un análisis cada 8 horas después de su uso.
- Medir la presión que tiene el aire de atomización.
- Registrar y medir la temperatura de los gases que son expulsados por la chimenea.
- Comprobar y medir la presión que indica el manómetro en la entrada de combustible.
- Comprobar y medir la presión que existe en las válvulas.
- Comprobar y medir la presión sobre la salida de combustible.

### **Procedimientos Mensuales**

Los procedimientos mensuales que se deberán tomar en consideración para la correcta funcionalidad de la caldera son los siguientes:

- Comprobar que la trampa que se encuentra en el calentador de vapor opere con normalidad.
- Comprobar las juntas de las tapas para que no exista fuga.
- Comprobar que los interruptores termostáticos que son componentes del calentador de combustible esté funcione a una temperatura adecuada.

- Limpiar el tanque condensado, también se debe eliminar los sedimentos que se forman, además de verificar el funcionamiento de las diferentes válvulas del flotador.
- Limpiar los elementos que conforman el quemador.
- Comprobar el nivel de almacenamiento del agua.
- Limpiar los filtros del combustible que se encuentran ubicados en la succión de la bomba.
- Limpiar el filtro de los lubricantes que se encuentran adheridos al compresor.
- Lavar los filtros que se encuentran en la entrada de las bombillas, como también en la entrada del agua de condensados.
- Limpiar los electrodos que se encuentra en el piloto del gas.
- Cambiar el filtro y la malla del ingreso del aire en el ventilador.
- Cambiar el filtro en el compresor de aire, en el caso de que no se cambie se debe realizar una limpieza con gasolina.

### **Procedimientos Trimestrales**

Los procedimientos trimestrales para un correcto funcionamiento son los siguientes:

- Probar la operación por falla de flama.
- Revisar las condiciones del quemador presión.

- Revisar las condiciones del quemador temperatura.
- Verificar los niveles de entrada y paro de la bomba, haciendo uso de las válvulas de purga de fondo de la caldera.
- Asegurar que la foto celda este limpia, así como el tubo en donde se encuentra colocada
- Comprobar el bajo nivel bajando el interruptor de la bomba de alimentación. El agua al evaporarse ira disminuyendo el nivel y si al llegar a 32 mm (1 1/4") no se corta por bajo nivel hay que parar inmediatamente la caldera e inspeccionar el bulbo de mercurio de tres hilos (del lado de la caldera).
- Asegurar el correcto funcionamiento del flotador.
- Asegurar el correcto funcionamiento de la columna que esté exenta de lodos o acumulaciones.
- Cuando la caldera este fría y vacía, realizar una limpieza exhaustiva con agua a alta presión. Al reensamblar coloque empaques nuevos en los registros de limpieza e inspección.
- Examinar las superficies de evaporación buscando algún tipo de irregularidad tales como; corrosión, incrustación, contaminación o fracturas.
- Limpiar y verificar el estado de los tubos de humo.
- Limpiar los filtros de agua.
- Limpiar los filtros aceite combustible.

- Limpiar los filtros aceite lubricante.

### **3.6.2 Mantenimiento**

Los mantenimientos de la caldera se los deben realizar cada semana, a continuación se detallan las partes que se deben revisar:

- Los niveles de operación en el control del nivel de agua
- Las válvula de purga del nivel de agua
- Revisión de la línea de alimentación de combustible
- Limpieza de conductos de combustible (mangueras flexibles). Filtros de la línea de alimentación de combustible
- Limpieza del tanque principal de agua
- Revisión de la secuencia de operación del sistema de distribución de agua
- Revisión del funcionamiento de bombas y motores para distribución de agua
- Las fugas en el tanque de condensados

### **3.6.3 Normas de Seguridad**

Las normas de seguridad que se deben tomar en consideración son los siguientes:

- El uso de la caldera sólo es para la producción de vapor.

- El uso de la caldera debe ser conforme a las advertencias y recomendaciones del presente manual.
- La instalación de vapor debe estar a cargo de personal autorizado.
- Las conexiones eléctricas de la caldera deben estar a cargo de personal autorizado.
- No debe ponerse en funcionamiento la caldera si el nivel de agua es inferior al mínimo.
- Al abrir la puerta principal, el quemador debe estar apagado y la energía desconectada.
- El personal a cargo del funcionamiento de la caldera debe contar con la formación adecuada y la certificación que lo habilite cuando así lo requiera la normativa vigente.
- La chimenea debe cumplir con las normas de construcción de chimeneas vigentes en cada momento.
- La limpieza de la chimenea debe realizarse 2 veces al año; además, debe garantizarse que no presente grietas ni orificios.
- Durante la primera puesta en funcionamiento y en los siguientes encendidos se debe controlar que la caldera y el tanque de condensados estén llenos de agua, y que estén abiertas las válvulas de aspiración y descarga de la bomba de alimentación de la caldera que se pondrá en funcionamiento.
- También debe controlarse que se haya realizado la purga de la bomba de aire y que la bomba gire en la dirección correcta.

- Si durante el funcionamiento se detectan ruidos no habituales en la caldera o en la instalación, debe apagarse inmediatamente el quemador y liberarse la presión mediante las líneas de descarga.
- En regiones de clima frío deben tomarse las medidas necesarias para evitar que la temperatura de la caldera y del tanque de condensados descienda hasta el punto de congelación.
- Excepto antes del encendido, se recomienda no llenar la caldera con agua fría. La temperatura del agua de alimentación debe ser de 80°C para una presión de 10 bares. En ningún caso se recomienda que descienda por debajo de 70°C.
- El nivel de agua de la caldera debe controlarse continuamente. Si no es posible observar correctamente el nivel de agua o el indicador está defectuoso, el quemador debe detenerse inmediatamente y limpiar la mirilla del medidor, localizar el error y corregirlo. Se debe controlar con frecuencia que la válvula del medidor y las tuberías de conexión no estén bloqueadas internamente.
- Los dispositivos de alimentación de la caldera deben permanecer en buenas condiciones de funcionamiento. Deben tomarse medidas para evitar el uso de agua dura con condiciones inferiores a las exigidas por la normativa vigente o el presente manual que puedan dañar prematuramente la caldera.
- En situaciones poco habituales, por ejemplo cuando el nivel del agua desciende rápidamente, la presión del vapor asciende con rapidez, se

observa el enrojecimiento y curvatura de algunas piezas de la caldera o se detecta alguna fuga, el quemador debe cerrarse inmediatamente. El vapor debe salir por la descarga y debe notificarse inmediatamente a las autoridades.

- Si el quemador no funciona, no presione el botón de reinicio más de dos veces y llame al técnico del servicio autorizado.
- Si se observan fugas y pérdidas en las conexiones de combustible del quemador y en las líneas de alimentación, el quemador debe apagarse inmediatamente y cerrarse las válvulas de la línea. En el caso de usar gas natural o gas licuado, deberá cumplirse con los requerimientos establecidos por la normativa vigente.
- En caso de usar gas licuado, cuando observe escarcha y gotas de rocío sobre las tuberías de combustible debido a la licuefacción del gas residual de la noche anterior, especialmente en días fríos, no ponga en funcionamiento el quemador en ninguna circunstancia. El gas licuado debe descargarse de manera segura por el drenaje. (La licuefacción también puede formarse en climas normales debido a problemas en el control del nivel de gasificación o en el regulador de línea).

### **3.7 ASPECTOS DE IMPACTO AMBIENTAL EN LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL CALDERO**

En la tabla N° 11 se muestra los Impactos Ambientales Biológicos en la construcción y operación del caldero pirotubular



Tabla N° 11 Matriz de impactos biológico

IDENTIFICACIÓN RIESGO BIOLÓGICO		Gestión Ambiental					RELACIÓN CON LEGISLACIÓN / OTROS REQUISITOS						
		ACTIVIDAD (A) PRODUCTO (P) SERVICIO (S)	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD / PRODUCTO / SERVICIO	CONDICIÓN	TEMPORALIDAD	INCIDENCIA		IMPACTO	CLASE	S: Sensibilidad	P: Probabilidad	I: Intensidad	T: Factor Temporal
(A)	Funcionamiento del caldero	(N)	(P)	(D)	Ruido que provoca el funcionamiento del caldero	(N)	2	2	2	2	2	8	Σ
(A)	Limpieza del caldero	(N)	(P)	(D)	Emisión de olores y gases	(A)	0	0	0	0	0	0	Σ
(A)	Mantenimiento	(N)	(P)	(D)	Olores y gases en el aire	(A)	1	1	1	1	1	4	Σ
(A)	Eveporación del agua	(N)	(P)	(D)	Emisión de gases en el aire	(N)	1	1	1	1	1	4	Σ
(A)	Ambiente	(N)	(P)	(D)	Generación de calor	(N)	2	1	2	1	1	6	Σ

Fuente: Ministerio de Relaciones Laborales  
Elaborado por: Jorge Figueroa Cires

## **Análisis de la Matriz de Impacto Biológico**

La escala que se tomó en consideración para la evaluación de impactos ambientales es del 1 al 5, donde 1 representa un riesgo mínimo y 5 riesgo máximo. A continuación se realiza un análisis de la matriz de impactos biológicos.

Es evidente que la construcción y funcionamiento traerá consigo impactos ambientales en este caso se analizará el impacto biológico que tiene el caldero pirotubular, en la matriz arriba descrita se tiene un mayor impacto en lo que es el funcionamiento del caldero, presentando ruido que es provocado por el funcionamiento del propio caldero, teniendo un impacto de 8, siendo este mayor en relación a las demás actividades como la generación de calor producto del mismo funcionamiento del caldero dentro teniendo un impacto de 6 siendo el segundo impacto con mayor influencia. Ver Tabla N° 11

En la tabla N° 12 se muestra los Impactos Físicos en la construcción y operación del caldero pirotubular

Tabla N° 12 Matriz de impactos físicos

IDENTIFICACIÓN RIESGO FÍSICO							Gestión Ambiental					EVAL. LEG.	
No.	ACTIVIDAD (A) PRODUCTO (P) SERVICIO (S)	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD / PRODUCTO / SERVICIO	CONDICIÓN	TEMPORALIDAD	INCIDENCIA	GESTIÓN AMBIENTAL		S: Sensibilidad	P: Probabilidad	I: Intensidad	T: Factor Temporal	MI: Módulo de Impacto	RELACIÓN CON LEGISLACIÓN / OTROS REQUISITOS
						IMPACTO	CLASE						
1	(A)	Funcionamiento del caldero	(N)	(P)	(D)	Contaminación auditiva por el funcionamiento	(N)	2	2	2	2	8	SI
2	(A)	Lavado del caldero	(N)	(P)	(D)	Deterioro de las partes del caldero debido al uso de detergentes y químicos	(N)	2	1	1	2	6	SI
3	(A)	Eveaporación del agua	(N)	(P)	(D)	Emisión de gases	(N)	1	1	1	1	4	SI
4	(A)	Infraestructura del caldero	(N)	(P)	(D)	Deterioro debido al oxido y la utilización del caldero	(N)	3	3	3	3	12	SI
5	(A)	Sistemas del caldero	(N)	(P)	(D)	Deterioro de los sistemas eléctricos del caldero	(N)	1	1	1	1	4	SI

Fuente: Ministerio de Relaciones Laborales

Elaborado por: Jorge Figueroa Cires

## **Análisis de la matriz de impacto físico**

De la misma manera que en la matriz anterior se tomó la escala del 1 al 5, donde 1 representa un riesgo mínimo y 5 riesgo máximo. A continuación se realiza un análisis de la matriz de impactos biológicos.

En esta matriz se evidencia que el mayor impacto se tiene en la infraestructura del caldero ya que debido a su utilización tiende a deteriorarse, llenándose de óxido provocando que el caldero se vea destruido, este tiene una influencia de 12 en el impacto siendo este el mayor con relación a los demás.

El segundo mayor impacto es la contaminación auditiva que ocasiona el caldero en el momento de funcionar, este impacto es normal debido al motor y el proceso de evaporación del agua, este tiene un 8 en su impacto.

El tercer impacto es el lavado del caldero, en esta actividad se limpia el caldero con detergente o sustancias químicas que ocasionan que se deteriore si no se realiza el uso adecuado de los mismos con las partes internas del caldero. Ver tabla N° 12

En la tabla N° 13 se muestra los Impactos Social en la construcción y operación del caldero pirotubular

Tabla N° 13 Matriz de impacto social

Gestión Ambiental		EVAL. LEG.	EVAL CUANTITATIVA		S: Sensibilidad	P: Probabilidad	I: Intensidad	T: Factor Temporal	MI: Módulo de Impacto	RELACIÓN CON LEGISLACIÓN / OTROS REQUISITOS					
			IDENTIFICACIÓN DEL IMPACTO SOCIAL	GESTIÓN AMBIENTAL											
1	(A)	Educación	CONDICIÓN	TEMPORALIDAD	INCIDENCIA	IMPACTO	CLASE	Mejora en la educación de los estudiantes	(N)	4	4	4	4	16	SI
										1	0	0	1	2	SI
2	(A)	Salud	CONDICIÓN	TEMPORALIDAD	INCIDENCIA	IMPACTO	CLASE	Afectación por la emisión de gases	(N)	4	4	4	4	16	SI
										1	0	0	1	2	SI

Fuente: Ministerio de Relaciones Laborales

Elaborado por: Jorge Figueroa Cires

## **Análisis del Impacto Social**

La construcción del caldero pirotubular tiene un gran impacto en la educación que brinda la universidad a los estudiantes, ya que podrán hacer uso de este para la práctica de las diferentes asignaturas que se imparte en la carrera de Ingeniería Industrial.

Contrario a esto se tiene un impacto mínimo en la salud si no se utilizan las debidas protecciones de quienes hacen uso permanente de este caldero, ya que se emiten gases debido a la evaporación y funcionamiento del caldero. Ver tabla N°

13

## CAPÍTULO IV

### ESTUDIO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA

#### 4.1 INVERSIONES TOTALES

La inversión total determina la cantidad de efectivo necesaria para la puesta en marcha del proyecto, esta se encuentra compuesta por inversión propia y capital de financiamiento. Ver tabla N° 14

**Tabla N° 14**

<b>INVERSIÓN</b>	
Inversión fija (Diseño y construcción)	\$ 11.669,50
Otros costos y gastos de instalación	\$ 53,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 11.722,50</b>

**Fuente.** Datos de la investigación  
**Elaborado por:** Jorge Figueroa Cires

##### 4.1.1 Inversión Fija

###### 4.1.1.1 Construcción

Los costos de construcción son los que están destinados a la adquisición de los accesorios, equipos y mano de obra necesaria para el montaje del caldero pirotubular. Ver tabla N° 15

## COSTOS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

**Tabla N° 15**

	CANTIDAD	UNIDAD	DETALLE	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	1	Unidad	Diseño del plano	\$ 250,00	\$ 250,00
1	150	Horas	Mano de obra	\$ 35,00	\$ 5.250,00
2	1	Metros	Tubo de hogar	\$ 221,00	\$ 221,00
3	1	Unidad	Tanque de almacenamiento	\$ 630,00	\$ 630,00
4	1	Unidad	Tanque exterior	\$ 630,00	\$ 630,00
5	1	Unidad	Cubierta del tanque	\$ 280,00	\$ 280,00
6	5	Metros	Tubería de acero tipo ASTM- A53 de 1/2"	\$ 23,20	\$ 116,00
7	1	Pulgadas	Válvula de nivel de agua	\$ 119,00	\$ 119,00
8	1	Pulgadas	Válvula purga	\$ 429,40	\$ 429,40
9	1	Pulgadas	Válvula de presión	\$ 189,00	\$ 189,00
10	1	Unidad	Llave de entrada de agua	\$ 36,20	\$ 36,20
11	1	Unidad	Llave de salida de agua	\$ 36,20	\$ 36,20
12	1	Unidad	Quemador 99 FRD	\$ 936,00	\$ 36,00
13	1	Unidad	Manómetro	\$ 24,30	\$ 24,30
14	30	Pulgadas	Pernos 7/8	\$ 0,90	\$ 27,00
15	1	Unidad	Controlador de presión	\$ 197,00	\$ 197,00
16	1	Unidad	Termostato	\$ 131,40	\$ 131,40
17	1	Unidad	Control de llama	\$ 438,50	\$ 438,50
18	1	Unidad	Controlador lógico PLC 1100	\$ 780,00	\$ 780,00
19	3	Unidad	Switch	\$ 11,60	\$ 34,80
20	3	Metros	Lana de vidrio	\$ 98,00	\$ 294,00
21	1	Metros	Ladrillo refractorio	\$ 260,60	\$ 260,60
22	1	Kilogramos	Mortero	\$ 74,00	\$ 74,00
23	1	Kilogramos	Cemento	\$ 57,00	\$ 57,00
24	5	Empaques	Empaques	\$ 3,80	\$ 19,00
25	1	Unidad	Varios	\$ 150,00	\$ 150,00
				<b>Sub total</b>	\$ 10.710,40
				<b>Iva</b>	\$ 1.285,25
				<b>Total</b>	\$ 11.995,65

Fuente. Datos de la investigación  
Elaborado por: Jorge Figueroa Cires



## 4.2 OTROS COSTOS Y GASTOS DE INSTALACIÓN

Los otros gastos que se incurrirán en el proyecto y no son considerados como costos directos se encuentra en la Tabla N° 16

**Tabla N° 16**

#	DETALLE	COSTO
1	Impresiones	\$ 4,00
2	Transporte	\$ 40,00
3	Copias	\$ 9,00
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 53,00</b>

**Fuente.** Datos de la investigación

**Elaborado por:** Jorge Figueroa Cires

## 4.3 FUENTES DE FINANCIAMIENTO

### 4.4.1 Financiamiento de la UPSE; Otras Fuentes

El financiamiento es el grupo de recurso monetario que permite la ejecución de una actividad económica, con la particularidad que por lo general son dineros producto de préstamos complementarios a los dineros propios. Para poder ejecutar el diseño y la construcción de la caldera pirotubular se recurrirá a solicitar un financiamiento a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, puesto que uno de los objetivos de la instalación de la caldera es que los estudiantes la carrera de Ingeniería Industrial puedan realizar sus prácticas.

#### 4.4.2 Calendario de Inversiones en la Construcción del Caldero.

En la tabla N° 17 se encuentra el cronograma de actividades para la construcción del caldero pirotubular.

**Tabla N° 17 Cronograma**

<b>ACTIVIDADES/DIARIAS</b>	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>Día 8</b>
Actividades previas								
Montaje estructura soporte								
Adquisición de equipos								
Montaje e instalación de equipos								
Capacitación personal								
Pruebas iniciales								
Puesta en marcha								
Inversión inicial								

**Fuente.** Datos de la investigación

**Elaborado por:** Jorge Figueroa Cires

#### 4.4. EVALUACIÓN DE IMPACTO EN LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA EDUCATIVO EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Los problemas que se evidenciaron en los estudiantes en las asignaturas de Operaciones Unitarias, Termodinámica y Química, se dan debido a la falta de un equipo didáctico que permita poner en práctica todos los conocimientos adquiridos en la teoría, mejorando de esta manera el aprendizaje de los estudiantes

de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Es por esta razón que se hace necesaria la implementación y puesta en marcha de una caldera pirotubular didáctica, que aporte como una herramienta tanta importancia para la práctica de los conocimientos impartidos en las distintas materias que se imparten en la carrera de ingeniería industrial.

Con la puesta en marcha del presente proyecto se podrá suplir las falencias que se tiene en la formación profesional del estudiante de la carrera, además de suplir con una necesidad indispensable dentro de la Facultad de Ingeniería Industrial.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

- Se pudo conocer por medio de las encuestas la situación actual académica de la Carrera de Ingeniería Industrial, en la cual se evidenció que en la asignatura de operaciones unitarias no se cuenta con una caldera pirotubular u otro sistema que permita a los estudiantes plasmar la teoría aprendida en el aula de clases con la práctica.
- Por medio de las bases teóricas se pudieron analizar los diferentes elementos que componen una caldera pirotubular, determinado cuales son los elementos necesarios para su utilización en la construcción de la misma.
- Se realizó un estudio económico para la implementación de un caldero pirotubular didáctico en la carrera Ingeniería Industrial, para de esta manera ser aplicado en la asignatura de operaciones unitarias.

- Se diseñó un caldero pirotubular didáctico, el cual permitirá a los estudiantes reforzar lo aprendido en la teoría con la práctica.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- La asignatura de operaciones unitarias debe tener este sistema propuesto ya que con el conocimiento adquirido de su funcionamiento puede ser llevada a la práctica para de esta manera lograr un mejor entendimiento de los procesos que se llevan a cabo en la misma, mejorando el rendimiento de los estudiantes en la asignatura.
- Se deben tomar en consideración los diferentes componentes y materiales sustentados en la base teórica para la implementación de la caldera pirotubular,
- Se debe tomar en consideración el estudio económico realizado por el autor de la tesis, en el cual se detallan los gastos en los que se incurrirá para la implementación de la caldera pirotubular didáctica, para mejorar la adquisición de los conocimientos en la asignatura de operaciones unitarias, el cual será asumido por la Universidad estatal Península de Santa Elena, como un aporte a la educación, en la Carrera de Ingeniería Industrial.

- Se debe exigir que el diseño y construcción del caldero pirotubular se haga realidad, ya que con ello se contribuirá a la formación de profesionales completamente preparados para la vida laboral,

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Alvarado Torres Rommel, “Cálculo de Sistema de Vapor Para la Industria de Concentrado de Maracuyá” (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, ESPOL, 2001)
- Cañarte Chávez José, “Criterios Para Selección de Sistemas de Generación y Distribución de Vapor para Hospitales” (Informe Técnico, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, ESPOL, 1991)
- Carlos Alberto Barrera Arroyo, Diseño de calentadores de agua tipo industrial y comercial.- ESPOL: Guayaquil, 1991, 110 pag. (Tesis de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico).
- CONESA FERNÁNDEZ V. Guía metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. Madrid: Editora Mundi Pesa.2001.
- Constitución de la República del Ecuador 2008
- Crane. Flujo de fluidos en válvulas, accesorios y tuberías. McGraw-Hill. Mexico, 1995.
- Incropera F, De Witt D. Fundamentos de Transferencia de Calor, 4ta ed. Pearson Prentice Hall, 1999.
- Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (2001)
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos 2010.
- Marks, Standard Handbook for Mechanic Engineers, Capítulo 4, 9 y 14, McGraw-Hill, 1996-1997.

- Mecánica de Fluidos”, Editorial LimusaWiley, México DF, 2003
- Munson Bruce, Young Donald, Okiishi Theodore “Fundamentos de
- Nick Lee Quiñonez Cercado, Desarrollo de Software para el Análisis y Diseño Térmico de Calderas Pirotubulares Horizontales con Quemadores a Diesel y Búnker.- ESPOL: Guayaquil, 2008, 146 pág. (Tesis de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico).
- Ortiz Tulcán Cristóbal, “Reingeniería del Sistema de vapor Para el Hospital Naval” (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, ESPOL, 2003)
- ROMERO, Socorro. Gestión Ambiental. Manual para la dirección y organización de la producción. MINBAS. 1998.
- Shields CD. Boilers Types, characteristics and functions, McGraw-Hill, New York, 1961.
- Vanek F., Albright L., Energy Systems Engineering, McGraw-Hill, 2008.
- [www.hrsgdesign.com](http://www.hrsgdesign.com), guía de diseño de caldera de recuperación de calor.



# ANEXOS

## ANEXO N° 1



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ENCUESTA DIRIGIDA A LOS ESTUDIANTES DE LA CARRERA DE  
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**OBJETIVO:** Diseñar un caldero pirotubular mediante conocimientos teóricos, prácticos y tecnológicos, para la aplicación práctica de la asignatura de operaciones unitarias en los estudiantes de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

**INSTRUCCIONES:** Leer detenidamente y marque con una "X" en una de las opciones que crea conveniente:

1. **¿Tienes problemas con las asignaturas de operaciones unitarias, termodinámica y química por la falta de la práctica?**

Sí	
No	

2. **¿Cuenta la carrera de Ingeniería Industrial con una caldera pirotubular didáctica?**

Sí	
No	

3. **¿La Facultad de Ingeniería Industrial cuenta con materiales didácticos para la práctica de las asignaturas que lo requieran?**

Sí	
No	

4. **¿Considera que la tabla de la práctica ocasiona que los estudiantes no adquieran los conocimientos necesarios?**

Sí	
No	

5. **¿Considera que es importante que la carrera cuente con materiales didácticos para la práctica de las diferentes asignaturas?**

Sí	
No	

6. **¿Crees necesaria la implementación de un caldero pirotubular didáctico para la práctica de las diferentes asignaturas?**

Muy de acuerdo	
De acuerdo	
En desacuerdo	
Indiferente	

7. **¿Consideras que con la implementación de un caldero pirotubular se lograría mejorar la enseñanza de las diferentes asignaturas en la Carrera de Ingeniería Industrial?**

Muy de acuerdo	
De acuerdo	
En desacuerdo	
Indiferente	

**8. ¿Estaría de acuerdo en la construcción de un caldero pirotubular didáctico dentro de la carrera de Ingeniería Industrial?**

Muy de acuerdo	
De acuerdo	
En desacuerdo	
Indiferente	

*Muchas gracias*