



**Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica**

**FABRICACIÓN, MONTAJE E INSTALACIÓN DE UNA CALDERA
PIROTUBULAR TIPO VERTICAL DE VAPOR HÚMEDO DE 40 HP,
EN LA EMPRESA SERVICIOS INDUSTRIALES, MECÁNICOS Y
ELÉCTRICOS, SEIME**

**Edy Giovanni Sequén Gómez
Asesorado por el Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda**

Guatemala, junio de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**FABRICACIÓN, MONTAJE E INSTALACIÓN DE UNA CALDERA
PIROTUBULAR TIPO VERTICAL DE VAPOR HÚMEDO DE 40 HP, EN
LA EMPRESA SERVICIOS INDUSTRIALES, MECÁNICOS Y
ELÉCTRICOS, SEIME**

TRABAJO DE GRADUACIÓN DE EPS

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDY GIOVANNI SEQUÉN GÓMEZ

ASESORADO POR EL ING. EDWIN ESTUARDO SARCEÑO ZEPEDA
AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, JUNIO DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXÁMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Julio César Campos Paiz
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

FABRICACIÓN, MONTAJE E INSTALACIÓN DE UNA CALDERA PIROTUBULAR TIPO VERTICAL DE VAPOR HÚMEDO DE 40 HP, EN LA EMPRESA SERVICIOS INDUSTRIALES, MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS, SEIME,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la carrera de Ingeniería Mecánica, con fecha 28 de mayo de 2008.



Edy Giovanni Sequén Gómez



UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 27 de mayo de 2009
REF.EPS.DOC.776.05.09.

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimada Ingeniera Sarmiento Zeceña.

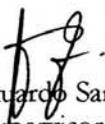
Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S.), del estudiante universitario **Edy Giovanni Sequén Gómez** de la Carrera de Ingeniería Mecánica, con carné No. **9710201**, procedí a revisar el informe final, cuyo título es **"FABRICACIÓN, MONTAJE E INSTALACIÓN DE UNA CALDERA PIROTUBULAR TIPO VERTICAL DE VAPOR HÚMEDO DE 40 HP EN LA EMPRESA SERVICIOS INDUSTRIALES, MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS; SEIME"**.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

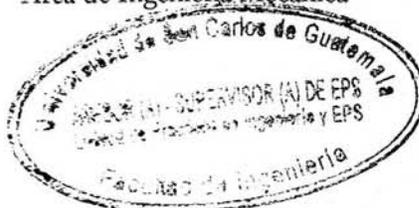
Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Edwin Estuardo Sarceño Zepeda
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica

c.c. Archivo
EESZ/ra





UNIDAD DE E.P.S.

Guatemala, 27 de mayo de 2009
REF.EPS.D.331.05.09

Ing. Julio César Campos Paiz
Director Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ingeniero Campos Paiz:

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **"FABRICACIÓN, MONTAJE E INSTALACIÓN DE UNA CALDERA PIROTUBULAR TIPO VERTICAL DE VAPOR HÚMEDO DE 40 HP EN LA EMPRESA SERVICIOS INDUSTRIALES, MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS; SEIME"** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Edy Giovanni Sequén Gómez** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ingeniero Edwin Estuardo Sarceño Zepeda.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, en mi calidad de Directora apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña de Serrano
Directora Unidad de EPS

NISZ/ra



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA**

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área de Laboratorios, al Trabajo de Graduación titulado **FABRICACIÓN, MONTAJE E INSTALACIÓN DE UNA CALDERA PIROTUBULAR TIPO VERTICAL DE VAPOR HÚMEDO DE 40HP, EN LA EMPRESA SERVICIOS INDUSTRIALES, MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS, SEIME**, del estudiante **Edy Giovanni Sequén Gómez**, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



Guatemala, mayo de 2009

JCCP/behdei



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **FABRICACIÓN, MONTAJE E INSTALACIÓN DE UNA CALDERA PIROTUBULAR TIPO VERTICAL DE VAPOR HÚMEDO DE 40 HP, EN LA EMPRESA SERVICIOS INDUSTRIALES, MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS, SEIME,** presentado por el estudiante universitario **Edy Giovanni Sequén Gómez,** procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, junio de 2009



/gdech

AGRADECIMIENTOS A:

DIOS

Por bendecirme con vida, familia, salud, amigos y la fortaleza de seguir siempre adelante.

MIS PADRES

Lic. Israel Sequén y Licda. Nelly Gómez, por el amor, esfuerzo y apoyo incondicional que me han brindado. Papá, mamá gracias por TODO, los amo con todo mi corazón.

MIS HERMANOS

Ester, Byron y Analuisa.

MIS SOBRINITAS

Amanda y Katty.

MI NOVIA

Patty y toda su familia.

MIS FAMILIARES

Tíos, primos y a mis abuelitos (D. E. P.).

MIS AMIGOS

Y compañeros.

SUZUKI

El Ing. Ulises Peinado.

SEIME

El señor Víctor Hugo Salazar.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Especialmente a la Facultad de Ingeniería y a la Escuela de Mecánica.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. GENERALIDADES	1
1.1. Antecedentes de la empresa SEIME	1
1.1.1. Información general e historia	1
1.1.2. Productos y servicios	1
1.1.3. Visión	1
1.1.4. Misión	2
1.1.5. Organigrama	2
1.1.6. Ubicación	2
1.2. Departamento de proyectos	3
1.2.1. Actividades	3
1.2.2. Organigrama	3
1.3. Conceptos básicos	4
1.3.1. Calderas	4
1.3.1.1. Acuatubular	4
1.3.1.2. Piro tubular	5
1.3.1.3. Otras	5
1.3.2. Fases del agua	5

1.3.2.1. Agua líquida	6
1.3.2.2. Vapor húmedo	6
1.3.2.3. Vapor saturado	6
1.3.2.4. Vapor sobrecalentado	7
1.3.3. Procesos de manufactura	7
1.3.4. Cimentación y montaje	12
1.3.4.1. Cimentación	12
1.3.4.2. Anclajes	15
1.3.5. Instalación de calderas	18
1.4. Procesos y procedimientos utilizados	19
1.4.1. Procesos de manufactura utilizados	19
1.4.1.1. Corte de tubos y materiales	19
1.4.1.1.1. Cortadora eléctrica	19
1.4.1.1.2. Otros tipos de cortadoras	20
1.4.1.2. Desbaste	21
1.4.1.3. Doblado	22
1.4.1.4. Pintado	22
1.4.1.5. Rolado	23
1.4.1.6. Roscado	23
1.4.1.7. Taladrado	27
1.4.1.8. Torneado	28
1.4.1.9. Soldado	28
1.4.1.9.1. Soldadura con arco eléctrico	28
1.4.1.9.2. Corte con oxiacetileno	38
1.4.2. Procedimientos utilizados	39
1.4.2.1. Expansión de tubos	39
1.4.2.2. Inspección visual	41
1.4.2.3. Nivelación	42
1.4.2.4. Verificación de fugas	43

1.5. Equipos y materiales utilizados	44
1.5.1. Equipos y herramientas	44
1.5.2. Materiales	45
2. FABRICACIÓN DE CALDERA SEIME	47
2.1. Caldera SEIME	47
2.1.1. Partes de la caldera SEIME	48
2.1.2. Especificaciones técnicas	50
2.2. Accesorios	52
2.3. Válvulas	54
2.4. Equipos secundarios	55
2.5. Fabricación de la caldera	57
2.5.1. Cilindros y espejos	58
2.5.2. Corte de agujeros	61
2.5.3. Tubos de caldera	63
2.5.4. Prueba hidrostática	64
2.5.5. Cilindro de chimenea	66
2.5.6. Base de caldera	68
2.5.7. Tapadera	72
2.5.8. Aislamiento térmico	73
2.5.9. Forro de lámina inoxidable	74
2.6. Instalación de válvulas y equipos secundarios	78
2.7. Fabricación del tanque de condensado	83
2.8. Instalación de equipos secundarios del tanque	86
2.9. Fabricación de chimenea	90
2.10. Prueba eléctrica	92
3. MONTAJE E INSTALACIÓN	93

3.1. Cimentación e infraestructura adecuada	93
3.2. Transporte	94
3.3. Montaje	95
3.4. Instalación	95
4. PUESTA EN MARCHA	105
4.1. Revisión de niveles de líquidos	105
4.2. Puesta en servicio de la caldera	106
4.3. Revisión de fugas	107
4.4. Revisión de los sistemas de seguridad	108
CONCLUSIONES	109
RECOMENDACIONES	111
BIBLIOGRAFÍA	113
ANEXOS	115
APÉNDICES	117

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Desbaste	21
2	Cortadora de tubos	25
3	Roscadora eléctrica	26
4	Sujeción de tubos a expandir	39
5	Expansión de tubos	40
6	Inspección visual	41
7	Nivelación	42
8	Verificación de fugas	43
9	Caldera SEIME	47
10	Partes de la caldera	48
11	Especificaciones técnicas	49
12	Horno	51
13	Orejas	51
14	Tapadera	52
15	Accesorios de tubería	52
16	Lira de protección	53
17	Válvula de bola y de seguridad	54
18	Válvula de retención y de bola	54
19	Quemador	55
20	McDonnell	56
21	Tablero	56
22	Cilindros de calderas	58

23	Prueba hidrostática	65
24	Cilindro de chimenea	67
25	Base	69
26	Caldera con su base	71
27	Espaciadores	71
28	Sujetador de tapadera	72
29	Instalación de fibra	73
30	Lámina inoxidable	74
31	Ajuste de lámina inoxidable	75
32	Caldera sin equipos ni accesorios	77
33	Instalación de válvulas	78
34	Instalación del McDonnell	79
35	Tubería del McDonnell	81
36	Fabricación del tanque de condensado	83
37	Entrada de agua	86
38	Rebalse y purga	87
39	Conexión a bomba de agua	88
40	Tanque terminado	89
41	Chimenea	91
42	Antes de la instalación	93
43	Movilización de la caldera	94
44	Transporte	94
45	Instalación de tuberías	96
46	Soporte de tubería	96
47	Separador de chimenea	97
48	Bota aguas	97
49	Tuberías de vapor	98
50	Instalación de cañuelas	100
51	Toma de vapor	100

52	Alimentación de agua	101
53	Tanque de combustible	102
54	Línea de combustible	103
55	Instalación finalizada	104
56	Nivel y válvulas del combustible	105
57	Puesta en servicio	106

TABLAS

I	Designación de roscas más conocidas	24
II	Comparación entre uso de CC y CA	30
III	Dificultades en la soldadura	31
IV	Nomenclatura de los electrodos	36
V	Corriente aproximada para soldar	37

LISTA DE SÍMBOLOS

ASME	Sociedad de Ingenieros Mecánicos de Norteamérica
Atm	Una atmósfera de presión (14.7 psi)
Bar	Dimensional utilizada para medir la presión en el Sistema Internacional (14.5 psi)
BHP	<i>Brake Horse Power</i> (caballos de fuerza al freno). Dimensional utilizada para medir la potencia (745.7 watts)
CA	Corriente Alterna (AC)
CC	Corriente Continua
cm	Centímetros
CWP	<i>Cold Working Pressure</i> Presión de trabajo de líquidos
E 6010	Electrodo utilizado cuando se requiere una buena penetración
E 6013	Electrodo utilizado para mediana resistencia a la tensión
E 7018	Electrodo utilizado para alta resistencia a la tensión
EPP	Equipo de Protección Personal
HG	Hierro galvanizado
HN	Hierro negro
KPa	Kilo Pascales (0.145 psi)
Ksi	1,000 psi
Lb, Lbs	Libras de fuerza
m	Metros
McD	<i>McDonnell & Miller</i>
MPa	Mega Pascales (10 bar)
NPT	<i>National Standard Pipe Taper Thread</i> . Rosca americana cónica para tubos

Psi	<i>Pound square inch</i> (libras por pulgada cuadrada). Dimensional utilizada para medir la presión en el sistema inglés (6.9 KPa)
Psia	Psi absolutas
Psig	Psi relativas o manométricas
R	Radio
s	Segundo
SWP	<i>Steam Water Pressure</i> . Presión de vapor de agua. Presión de trabajo baja
TDS	Sólidos totales disueltos. Todos los materiales presentes en el agua
WOG	<i>Water, Oil, Gas</i> . Agua, aceite, gas. Presión de trabajo alta
WSP	SWP
n°	n grados (ángulo)
°C	Grados centígrados
°F	Grados Fahrenheit
Ø	Diámetro
n"	n pulgadas
n'	n pies
%	Porcentaje
[n]	n cantidad en el sistema inglés (pulgadas o pies)
{ n }	n parte o número de una figura a la que se hace referencia

GLOSARIO

Abocinar	Dar a un extremo de un tubo la forma de bocina.
Acero al carbono	Aleación compuesta de hierro y carbono.
Agua blanda	Agua tratada que no posee dureza.
Agua condensada	Agua ya utilizada por la caldera en forma de vapor y que retorna en forma de condensado o líquido.
Agua cruda	Agua que aún no ha sido tratada.
Agua de alimentación	Agua que alimenta a la caldera.
Andamio	Armazón provisional levantado delante de una estructura, para facilitar la construcción de esta.
Angular	Perfil de metal utilizado en la industria.
Asbesto	Material refractario del calor. Aislante térmico.
Avellanado	Corte de un borde biselado en el borde de un orificio para que la cabeza de un tornillo quede a nivel de la superficie de la pieza de trabajo.
Bisel	Corte oblicuo en el borde de una lámina.

Bushing	Buje.
Caldera	La combinación de equipos para producir o recuperar calor, junto con aparatos para transferir el calor disponible a un fluido (según código ASME).
Calidad de vapor	Cantidad de agua en estado de vapor de una determinada cantidad de agua.
Calor	Energía que produce un estado de agitación de las moléculas de un cuerpo o sistema.
Cañuela	Revestimiento refractario de calor, que se instala en las tuberías de vapor.
Cavitación	Formación de burbujas de vapor que colapsan en zonas de presión alta.
Cebar	Agregar agua a un sistema de tuberías o una bomba.
Condensación	Paso del vapor de al estado líquido.
Copla	Unión. Accesorio utilizado para unir 1 ó 2 <i>nipples</i> .
Cordón de soldadura	Depósito de metal de aporte hecho mediante una sola pasada de soldadura en la pieza de trabajo.
Cota	Número que indica la dimensión en un plano, entre dos puntos.

Dado	Molde.
Energía	Capacidad de un sistema para producir un trabajo.
Eslinga	Cuerda gruesa con ganchos para levantar grandes pesos.
Espejo	Pared deflectora circular, donde se apoyan los tubos.
Flange	Parte circular saliente y angosta en el borde de un tubo, en donde se atornilla otro flange.
Flare	Conexión SAE acampanada.
Flux	Boca del tubo de fuego de la caldera.
Foto celda	Interruptor eléctrico que se acciona a través de la emisión de electrones en forma de luz.
Fraguar	Endurecerse la masa del material refractario o cemento.
Golpe de ariete	Golpe del vapor condensado a las tuberías a altas presiones, lo cual puede provocar inmediatamente grietas en las tuberías.
Hembra	Perfil de metal utilizado en la industria.
Hogar	Horno.

Horno	Cámara cerrada o estructura en la que se quema combustible para producir calor; cámara de combustión.
Manómetro	Instrumento que mide la presión de un sistema.
Matriz	Molde para diferentes procesos de manufactura con el que se obtiene una forma dada.
Neumática	Ciencia que estudia sistemas de aire comprimido para ejercer trabajo.
<i>Nipple</i>	Tubo corto con rosca macho en uno o ambos extremos.
Número de cédula	Es el grosor de la tubería; es el calibre relacionado con la presión de operación y la tensión permisible del acero.
Pasos	Cantidad de veces que los gases de la combustión pasan dentro de la caldera, antes de ser eliminados por la chimenea. Cambios de dirección de los tubos.
Ph	Grado de acidez o alcalinidad del agua.
Punto de soldadura	Cordón corto de soldadura.
Punzón	Herramienta que se utiliza para hacer marcas.

Purgar	Eliminar el aire dentro de un sistema de tuberías para un líquido. Proceso por el cual se controla la concentración de TDS en el agua de la caldera.
Quemador	Equipo que produce la combustión en el horno de la caldera.
Recocido	O recristalización, es la eliminación de la dureza producida por el temple o la deformación plástica del metal.
Refractario	Material que repele y evita la transferencia de calor de un lugar a otro, que posee un alto punto de fusión o combustión.
Revenido	O recuperación, es un calentamiento del metal a temperaturas menores a las del recocido y elimina la extrema dureza del acero.
Teflón	Material que aísla y elimina las fugas de un líquido en una unión de válvulas, accesorios o tubos.
Temperatura	Grado de calor de un cuerpo o sistema.
Tercerizar	<i>Outsourcing</i> . Delegar en terceras personas o empresas un trabajo requerido que no puede hacerse dentro de la empresa.

Termómetro	Instrumento para medir la temperatura de un fluido o ambiente.
Tortugas	Agujeros por donde se inspecciona y se le proporciona mantenimiento a la parte interna de una caldera. Registros de lavado.
Trabajo en caliente	Proceso de deformación de metales para conseguir una forma útil; y es cuando se alcanza la temperatura de recocido.
Trabajo en frío	Proceso de deformación de metales para conseguir una forma útil, cuando no se alcanza la temperatura de recocido.
Trampa de vapor	Válvula automática que permite el paso del condensado, impide el paso del vapor y remueve el aire y otros gases no condensables del sistema de vapor.
Vapor	Agua en estado gaseoso.
Vena	Doblez en el extremo de una lámina de metal.

RESUMEN

El presente informe de graduación, es un reporte del Ejercicio Profesional Supervisado realizado en la empresa SEIME, que se dedica a la fabricación e instalación de equipos industriales como son las calderas y otros equipos y accesorios utilizados en la industria guatemalteca.

Se describen algunos conceptos y temas importantes e indispensables para el desarrollo del EPS como las fases del agua, tipos de calderas, diferentes procesos de manufactura, nociones de la cimentación necesaria y de los posibles anclajes que pueden ser utilizados, durante el montaje y la instalación de equipos industriales como calderas o sus equipos secundarios.

Encontraremos un manual de procedimientos para la fabricación de una caldera SEIME modelo HS-40, donde se describen los pasos más importantes de una forma clara y completa, para construir la caldera, el tanque de agua y la chimenea.

Se realiza una descripción breve del montaje y la instalación de la caldera y de sus equipos necesarios para una operación normal, como son el tanque de condensado, el tanque de combustible, el tratamiento de agua y la instalación eléctrica, que se realizan normalmente.

Es de mucha importancia el conocimiento del procedimiento para la puesta en marcha de la caldera, por lo que se ejemplifica este proceso desde la verificación después de la instalación, hasta la operación normal de la caldera.

Las conclusiones y recomendaciones que se hacen luego del término del trabajo se exponen al final del presente informe.

Por último, se muestran los diagramas eléctricos necesarios para el correcto funcionamiento de los equipos, así, como de los planos de fabricación de la caldera y sus accesorios.

OBJETIVOS

General

Crear un manual de procedimientos, para la fabricación de una caldera SEIME modelo HS-40 y una guía práctica del montaje e instalación de esta caldera

Específicos:

1. Conocer de forma general a la empresa SEIME; así como algunos conceptos y temas relacionados directamente con el vapor y diferentes procesos de manufactura, cimentación y montaje que existen actualmente.
2. Crear un manual de procedimientos, para la fabricación de la caldera SEIME HS-40, del tanque de condensado, de la chimenea, de la instalación de los accesorios, válvulas, equipos secundarios y de las conexiones eléctricas necesarias para su operación.
3. Crear una guía de referencia rápida para el montaje e instalación de una caldera SEIME HS-40 o de similares características y de los equipos secundarios necesarios para su correcta operación, hasta el múltiple distribuidor de vapor (*manifold*).

4. Conocer los pasos a seguir para el arranque inicial de la caldera y de la revisión de los sistemas de seguridad que posee.
5. Crear y conocer los diferentes planos de fabricación de la caldera, del tanque de condensado y de la chimenea; así también de los diagramas de conexión eléctrica necesarios.

INTRODUCCIÓN

Las calderas son generadoras de vapor muy utilizadas en industrias de todo tipo a nivel mundial y en Guatemala no es la excepción. Pero vemos que las calderas que se encuentran comúnmente en nuestro medio son fabricadas en el extranjero e importadas por nuestro país; por lo que SEIME decidió fabricar sus propias calderas y compartirlo con nosotros.

El propósito del presente es conocer el proceso de la fabricación de una caldera SEIME modelo HS-40 con sus equipos necesarios para su operación, así como explicar de forma breve y sintetizada, la instalación de estos hasta el *manifold* (múltiple de distribución del vapor) y la puesta en marcha de los mismos.

Se presentan cuatro capítulos. En el primer capítulo, se encuentra información de la empresa SEIME, de algunos conceptos de calderas y fases del agua, se tratan temas de los procesos de manufactura, cimentación, anclajes y de instalaciones de calderas; son generalidades o antecedentes que servirán de base para la comprensión y complementación de los siguientes temas.

En el capítulo dos, se encuentra el manual de procedimientos para la fabricación de la caldera y de sus equipos; la instalación de las válvulas, accesorios y cableado eléctrico; hasta la finalización y almacenaje o transporte de todos ellos. Además de las especificaciones técnicas y de las partes de la que esta compuesta la caldera.

En el capítulo tres, se desarrollan de forma breve los aspectos más importantes para la cimentación, montaje e instalación del sistema generador de vapor hasta el múltiple de distribución o *manifold*, esta es tan solo una guía de referencia rápida y si se desea mayor detalle, acudir a especialistas en el ramo.

En el capítulo cuatro, se muestra el procedimiento necesario a realizar para la puesta en marcha (encendido) de la caldera, que es de vital importancia, ya que se con esto se evitan daños a la caldera, se revisan los sistemas de seguridad y se reducen los riesgos al personal de operación de la caldera.

En la parte final del informe aparecen los planos del sistema eléctrico de la caldera y de la bomba de agua, así como los planos de las partes y etapas del proceso de la fabricación de la caldera y de sus equipos secundarios.

Las bases teóricas y prácticas, el manual de procedimientos de fabricación y las guías de referencia rápida para la instalación y puesta en marcha de la caldera, son indispensables para la realización del trabajo con una alta calidad durante todo el proceso.

Durante el proceso de la fabricación, se encuentran básicamente dos situaciones; una ideal, que son los planos con las medidas exactas y formas perfectas que se tratan de transmitir del papel al acero; y otra real, en la que es muy difícil apegarse fielmente, por el tipo de proceso que se requieren, algunas medidas o formas no son exactamente iguales a las reproducidos por los planos y que se debe de buscar un equilibrio entre estas dos situaciones.

Guatemala tiene el potencial y la capacidad de realizar y alcanzar las metas y objetivos que se proponga, que con esfuerzo y lucha se puede lograr.

1. GENERALIDADES

1.1 Antecedentes de la empresa SEIME

1.1.1 Información general e historia

Nacimos un 7 de febrero de 1983 como una pequeña empresa en la que el personal era mi esposa y yo Víctor Hugo Salazar López y nos dedicamos a darle mantenimiento preventivo a calderas, con el pasar del tiempo requerimos personal adicional ya que crecimos en el mercado; hoy sumamos 25 miembros de la empresa y tratamos de ser mejores cada día en el medio.

1.1.2 Productos y servicios

Ahora vendemos repuestos para toda marca de calderas, así como los servicios de mantenimiento a estas; realizamos trabajos de torno, metalmecánica, aislamientos térmicos y construcción de calderas de 10 a 50 HP.

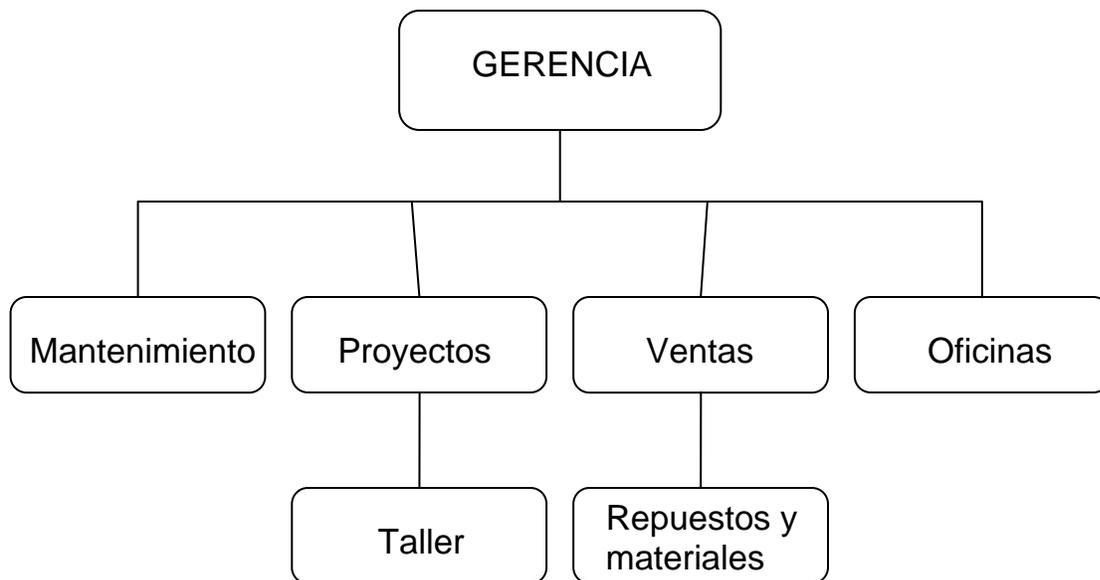
1.1.3 Visión

Mejorar nuestros servicios cada vez más, ya que existe bastante competencia en el mercado

1.1.4 Misión

Mantener los puestos de trabajo existentes y crear más para abrir más fuentes de trabajo.

1.1.5 Organigrama



1.1.6 Ubicación

La empresa Servicios Industriales Mecánicos y Eléctricos SEIME, se encuentra ubicada en la 16 avenida 9-82 zona 11 colonia Carabanchel ciudad de Guatemala, Guatemala, C. A.

El sitio electrónico oficial de la empresa es www.seime.net

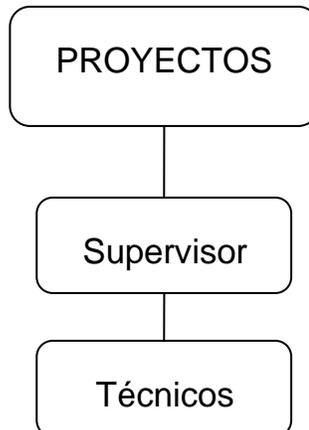
Los teléfonos a los cuales se puede comunicar son 2472-9098, 2475-5159, fax 2475-5289.

1.2 Departamento de proyectos

1.2.1 Actividades

Fabricación de calderas de 10 a 50 HP, fabricación de chimeneas, tanque de condensado, reparación de hornos y de todo tipo de calderas de cualquier marca; y todas la fabricaciones y reparaciones que se requieran durante el mantenimiento a calderas y otros equipos industriales.

1.2.2 Organigrama



1.3 Conceptos básicos

A continuación encontraremos información relacionada al tema a tratar para crear una base sobre la cual partiremos

1.3.1 Calderas

Las calderas son transformadores de energía térmica capaces de transferir de forma conveniente el calor producido por una combustión o generado por otro fenómeno químico o físico a un fluido (generalmente agua previamente tratada) destinado a ceder la energía recibida en forma térmica o mecánica y luego utilizada en múltiples empleos.

La gran energía contenida en el vapor puede ser liberada en forma de trabajo de expansión y equivale a la energía térmica cedida por la caldera al fluido. Este vapor se utiliza en diversas áreas industriales, dependiendo de la calidad del vapor, presión, temperatura y pureza. Existen diferentes tipos de calderas, a continuación se mencionan las más conocidas.

1.3.1.1 Acuatubular

También llamada acuotubular o tubos de agua; la llama se forma en un recinto de paredes tubulares que configuran la cámara de combustión u horno, y el agua fluye dentro de los tubos. Este tipo de calderas se utiliza especialmente para generar vapor a elevadas presiones de trabajo, por lo cual tienen un mayor costo que las piro-tubulares; también consumen grandes cantidades de agua y combustible. Generalmente las presiones de trabajo de estas calderas se encuentran entre los 500 y 3,000 psi.

1.3.1.2 Piro tubular

Se le conoce también como tubos de humo, en este caso, el fuego y los gases calientes de la combustión que se generan en el horno u hogar pasan por el interior de los tubos, de uno o varios pasos, hasta llegar a la chimenea. El horno y los tubos están rodeados de agua.

Generan bajas presiones y por lo general son más pequeñas que las acuatubulares. La presión máxima de trabajo para estas calderas es de alrededor de 500 psi.

1.3.1.3 Otras

La caldera de fundición seccional, son las que se componen de secciones huecas dentro de las cuales circula el agua.

Caldera eléctrica: la ventaja de éstas es que requieren menor mantenimiento, al tener menos partes móviles, pero son más costosas, tanto inicialmente como en la operación.

Las calderas supercríticas pueden ser una múltiple combinación de las anteriores y su mayor característica es que puede trabajar a presiones superiores a las 3,000 psi

1.3.2 Fases del agua

El agua existe en tres fases sólida (hielo), líquida y gaseosa (vapor). Ya que en una caldera existe el agua en la fase líquida y de vapor, nos centraremos en estas dos para su análisis.

1.3.2.1 Agua líquida

Si por ejemplo en una caldera con un determinado y constante volumen de agua, mantenemos constante de 1 atmósfera de presión absoluta (1 atm o 14.7psi) a temperaturas menores a 0°C el agua se encuentra en estado sólido (hielo). Si aplicamos calor y se aumenta la temperatura por encima de 0°C y debajo de 100°C se producirá un cambio de fase de sólido a líquido, tendríamos **líquido comprimido o subenfriado** (no esta a punto de evaporarse).

Cuando se alcanzan los 100°C, en este instante el agua sigue siendo un líquido y cualquier aumento de calor causara que parte del líquido se vaporice y vuelva a existir un nuevo proceso de cambio de fase de líquido a vapor; un líquido que esta a punto de evaporarse se llama **líquido saturado**.

1.3.2.2 Vapor húmedo

Alcanzados los 100°C empieza la ebullición y el aumento de temperatura se detendrá hasta que el líquido saturado se evapore por completo. Cuando existe un aumento de calor pero la temperatura se mantiene constante en un cambio de fase, a este calor se le llama **calor latente**. Es una mezcla saturada de líquido-vapor.

1.3.2.3 Vapor saturado

Es un vapor a punto de condensarse. Toda el agua contenida en un recipiente (caldera) pasó de su fase líquida a vapor; por lo que una pequeña pérdida de calor condensaría una parte de este vapor y entonces seria vapor húmedo o una mezcla de líquido + vapor. Si el aumento de calor continúa, entonces es un vapor sobrecalentado.

1.3.2.4 Vapor sobrecalentado

Es un vapor que no esta a punto de condensarse (no es vapor saturado). Cuando el cambio de fase termina, se encuentra una región de una sola fase (vapor saturado) y una transferencia adicional de calor aumenta la temperatura y el volumen específico aunque no cambia de fase.

Si se extrae calor, a éste solo se le reduciría la temperatura y su volumen específico, pero no se condensaría si su temperatura es mayor a 100°C a una presión de 1atm.

1.3.3 Procesos de manufactura

En la industria existen muchas formas para la fabricación, reparación, reacondicionamiento, etc., de piezas, máquinas, equipos y otros; dentro de los cuales podemos mencionar algunos de los más conocidos y empleados.

Acuñado

Es un proceso especializado del estampado pero su único objetivo es producir monedas y medallas.

Cizallamiento

Se usa extensamente para cortar lámina y placa; el metal es cortado entre dos hojas o rodillos cortantes, cuando las hojas son rectas el proceso se llama cizallamiento, pero si son curvas el proceso suele recibir nombres especiales.

Corte de tubos

Se usa para cortar tubos de la longitud deseada, existen diferentes equipos y herramientas, como son los tornos, sierras para metales, corta tubos especiales para el metal a cortar, ya sean manuales o eléctricos.

Desbaste y esmerilado

Existen diferentes tipos de desbaste, dentro de los cuales se pueden mencionar el pulir, amolar, cortar, terminar, biselar, afilar. Básicamente el desbaste es la eliminación o remoción progresiva del material a fin de lograr el acabado o forma requerida por medio de piedras o discos abrasivos.

Doblado

El doblado en prensa se usa para producir muchos perfiles estructurales. Una amplia variedad de matrices proporcionan un número casi ilimitado de posibilidades geométricas. También pueden ser doblados por rodillos, en los cuales se hace pasar la lámina a doblar por entre tres rodillos para conseguir formas cilíndricas.

Embutido

El proceso de embutición y sus variantes se usan para producir una amplia variedad de carcazas, cilindros de gas, ollas. La pieza de trabajo se coloca en una matriz sujeta por la placa de presión, para evitar que se pliegue, y es empujado a través de la matriz por un punzón para formar una copa profunda.

Estampado

Se utiliza para la fabricación de cucharas, tenedores, sartenes, cuchillos; emplean matrices con impresiones idénticas mecanizadas en su superficie, las cuales se juntan por impacto (troquelado) o gradualmente (prensa hidráulica) de manera que la pieza de trabajo tome la forma de las matrices.

La diferencia entre este y el acuñado es que el espesor es constante y las fuerzas aplicadas son menores; es un proceso de embutido poco profundo.

Extrusión

Existe la extrusión directa e indirecta o invertida. La directa es en la que halamos el material a través de un agujero y obtenemos la pieza con el perfil deseado; la extrusión indirecta es un proceso de compresión y consiste en introducir el material en una cámara con dos extremos o lados, en un extremo se aplica presión de manera que el material se comprima y tienda a fluir por un agujero en el otro extremo. Este agujero puede tener diferentes formas como círculos, cuadrados, triángulos o formas de T, X, etc.

Forja

Es el método de formado de metal más antiguo, en el caso más simple, el metal es comprimido entre martillo y un yunque y la forma final se obtiene girando y moviendo la pieza de trabajo entre golpe y golpe. Para producción en masa y el formado de secciones grandes, el martillo es sustituido por un martinete o dado deslizante en un bastidor e impulsado por una potencia mecánica, hidráulica o vapor.

Laminado

La pieza de trabajo pasa entre dos rodillos con una separación menor a la del espesor inicial del material, lo que produce en el material una reducción del espesor, la anchura del material se mantiene casi constante y un significativo aumento de la longitud del mismo. Los productos más comunes son placas, barras, varillas, perfiles estructurales.

Pintado

Aunque no es en si un proceso de manufactura; es el último paso en la fabricación de una pieza, herramienta o equipo, con lo cual podemos proteger y darle un mejor aspecto final a nuestra pieza. Es un proceso en el cual se impregna una ligera capa de pintura (que puede contener múltiples propiedades y características) en toda la pieza por medio de diferentes procedimientos.

Repujado al torno

La pieza de trabajo se coloca en una matriz o mandril giratorio y un rodillo móvil progresivamente empuja a la pieza contra el mandril; se usa para producir lámparas, cubetas, reflectores, trompetas, campanas.

Rolado (doblado por rodillos)

La pieza de trabajo, generalmente una plancha o varilla, se coloca entre tres rodillos, dos para la sujeción y uno para el doblado; se hacen girar los rodillos de manera que la lámina se deforme constantemente hacia su otro extremo, generando un cilindro.

Roscado

Consiste en la mecanización helicoidal interior (tuercas) o exterior (tornillos) sobre una superficie circular. Este tipo de sistemas de unión y sujeción (roscas) está presente en todos los sectores industriales en los que se trabaja con materia metálica.

Soldadura

Unión de dos o más piezas de material que se logra mediante la aplicación de calor, presión o ambos, con o sin material de aporte, para producir una unión localizada por fusión o recristalización.

Taladrado

Se utiliza cuando en la pieza de trabajo se necesiten hacer agujeros o perforaciones de diámetros específicos. Los taladros son operadores de perforación de diversos materiales; el diámetro deseado del agujero, se logra intercambiando las brocas en el mandril.

Torneado

La pieza se coloca centrada en el mandril, este gira a determinadas revoluciones y con una herramienta (buril) se maquina la pieza. Existen diferentes tipos de torneado, dependiendo de la colocación del buril, el ángulo de éste, de la pieza, del avance; se pueden hacer cilindros rectos, cónicos; roscas internas y externas; desbaste, corte, terminado de piezas, pulido, agujeros.

Trefilado

Es un proceso exclusivo para obtener alambre, consiste en hacer pasar el alambroón (producido por laminado) repetidas veces en diferentes dados que tienen agujeros cónicos en el centro para conseguir la disminución del diámetro y aumentar la longitud.

Troquelado y perforación

El material en forma de láminas o tiras se coloca en la matriz, el punzón baja y atraviesa el material. Si el recorte producido por el punzón, es la pieza de trabajo, el proceso se llama troquelado; y si es el desecho, entonces el proceso se llama perforación.

1.3.4 Cimentación y montaje

Se refieren a la parte de la estructura utilizada para apoyar la superestructura en su emplazamiento y a la vez, transmitir al suelo la totalidad de las fuerzas originadas por la maquinaria a la que sostiene.

1.3.4.1 Cimentación

Infraestructura necesaria que se deberá instalar debajo de las máquinas industriales para soportar las fuerzas y esfuerzos que derivan del peso y del movimiento de los mismos, y distribuirlos en el subsuelo de tal modo que no se produzcan asentamientos, desplazamientos ni vibraciones, que puedan perturbar el trabajo normal de la máquina o la estabilidad de las construcciones vecinas.

Consideraciones para la cimentación

Existen algunas consideraciones que se deben de tomar en cuenta para la elección de una buena cimentación para la máquina y así evitar daños o contratiempos posteriores.

Capacidad de carga

Es la que puede ser aplicada sin producir desperfectos en la estructura soportada. La carga admisible depende del terreno, de la cimentación, de la estructura y de un coeficiente de seguridad. Se deben de tomar en cuenta las cargas estáticas y dinámicas.

Cargas permisibles

Algunos suelos soportan mayores cargas por unidad de área que otros; por lo que hay que tomar en cuenta el tipo de suelo en los que se va instalar la maquinaria y a realizar la cimentación.

Accesorios

Tomar en cuenta los espacios para tuberías, drenajes, ventilación, conductos, ganchos de soporte, escaleras, accesos.

Asentamientos

Al apoyar una estructura en el suelo es inevitable la compresión del mismo, por lo cual debe procurarse que esta compresión sea mínima, uniforme y controlada.

La diferencia de asentamientos entre una maquinaria y otros equipos apoyados en cimientos diferentes pueden crear esfuerzos no deseados y sumamente perjudiciales; se le conoce como asentamiento diferencial.

Asiento vertical

Desplazamiento de una cimentación bajo carga de servicio, se debe limitar la presión al terreno al 40 ó 60 % del valor de seguridad en las cimentaciones.

Economía

Realizar una cimentación adecuada realizando los estudios respectivos tomando en cuenta la factibilidad, utilidad, funcionalidad, seguridad, estética y economía.

Factores que afectan al cimiento

- Soporte del peso total de la máquina.
- Mantener la alineación entre la maquinaria y sus accesorios.
- Aislar las instalaciones próximas de las vibraciones producidas.

Esfuerzos que sufre la cimentación

Estáticos

El peso de la máquina y el del cimiento son considerados como carga vertical; la máquina actúa a presión lenta y sobre el terreno solamente existen cargas verticales.

Dinámicos

Los esfuerzos dinámicos que producen efectos sobre las cimentaciones se pueden dividir entre los impactos aislados que se producen en forma irregular llamados choques aislados; y fuerzas oscilantes producidas por masas en movimiento periódico.

Vibratorios

Las partes de una máquina en movimiento dan lugar a vibraciones, que muchas veces producen efectos complejos. Estos efectos dependen de la clase de máquina que se trate, por tanto las características de la cimentación serán de acuerdo con esa variación en la maquinaria.

1.3.4.2 Anclajes

Para que una máquina trabaje normalmente y de forma segura para el operador, tiene que estar debidamente anclada al cimiento. El anclaje es muy similar en todos los casos, en lo que varían es la forma de la placa de asiento, que es la encargada de transmitir las cargas al cimiento. Las placas de anclaje más utilizadas son las cuadradas, rectangulares, poligonales, circulares. Estas últimas son preferibles cuando se trata de transmitir grandes presiones al cimiento.

Las máquinas fijas de cargas continuas o periódicas se anclan directamente al cimiento, donde los pernos pueden estar sometidos a esfuerzos de tensión, corte o combinados. Cuando se tiene el caso de cargas repetidas no rítmicas (alternadas), se tiene que tomar en cuenta la fatiga del material.

Para pernos de anclaje se utilizan generalmente barras lisas, sin embargo una barra de estas puede transformarse en un perno arponado o corrugado, que son útiles cuando se tienen que introducir en un orificio hecho posteriormente, que después se rellena con concreto. Es recomendable que los pernos sean colocados antes de verter el concreto para el cimiento.

Antes de anclar la máquina al cimiento, debe chequearse que el cimiento este completamente nivelado, para proceder luego a la colocación y nivelación de la máquina sobre el mismo. El apoyo de la máquina sobre el cimiento se realiza a través de una placa de asiento de material elástico, una vez colocada la máquina sobre dicho asiento, se comprueba su correcta nivelación en sentido longitudinal y transversal; la nivelación se consigue colocando placas de material elástico y de espesor variable bajo la base de la máquina en el lugar de los pernos de anclaje. Si la cimentación ya está hecha se pueden utilizar otro tipo de pernos de anclaje que se encuentran en la industria; varían en su construcción y funcionamiento, pero cumplen los mismos objetivos.

Funcionamiento

La mayoría de anclajes que son instalados después de haber hecho el cimiento, funciona ya sea por fricción, área de soporte, por adhesión o una combinación de estos.

Anclajes mecánicos

Existen varios tipos de anclajes como son los macho o de rosca externa, hembra o de rosca interna, autorroscantes; todos estos, pueden mejorar sus características mecánicas, utilizando un epóxico en la cavidad del anclaje para obtener mejores resultados.

Factores a considerar:

Tenemos que considerar algunos factores para la utilización de los pernos de anclaje.

- Resistencia del concreto
- Diámetro del anclaje
- Profundidad de empotramiento
- Distancia entre ejes y al borde

Tipos de falla

- Por sobrecarga:
 - Rotura del anclaje
 - Rotura del concreto
 - Extracción del anclaje

- En el material base:
 - Rotura del material base
 - Rotura del borde
 - Agrietamiento
 - Deslizamiento del anclaje
 - Extracción del anclaje

Factor de seguridad

Para propósitos de diseño, se tiene que considerar un factor de 4:1 para todos los esfuerzos estáticos, tanto en tensión como en corte; esto indica que la resistencia segura de trabajo es del 25% de a resistencia final del perno.

1.3.5 Instalación de calderas

Examinar cuidadosamente la caldera en el momento de su llegada para determinar si ha sufrido algún daño durante el transporte y la magnitud de este si lo hubiere. La caldera fue inspeccionada y probada antes de salir de la planta de fabricación. Si no puede instalarse inmediatamente después de llevarla al lugar, se debe colocar en un lugar seco, limpio, bajo techo y seguro.

La caldera debe instalarse sobre una base firme, no combustible preferiblemente de concreto y nivelarse correctamente. Debe dejarse suficiente espacio alrededor de la caldera para permitir el acceso a todos sus componentes, con el fin de realizar inspecciones y labores de mantenimiento.

El cuarto de la caldera debe mantenerse limpio, por esto es importante que tenga un drenaje grande que permita la rápida salida del agua cuando sea necesario. También el cuarto debe de estar seco y bien ventilado, que permita la circulación del aire y la llegada hasta el quemador para una combustión adecuada.

La caldera esta diseñada de tal manera que la salida de gases sea fluida y que no necesite de equipos adicionales para su extracción, pero se deberá de tener cuidado en la cantidad de aire que llega al quemador y no obstruir la salida en la chimenea.

El área transversal de la chimenea, no debe de ser menor del área transversal de salida de gases en la caldera; no debe de tener curvas fuertes y evitarse los tramos horizontales, inclinando el conducto para que aumente su altura a medida que se aleja de la caldera.

1.4 Procesos y procedimientos utilizados

Dentro de la fabricación, montaje e instalación de la caldera, se utilizan varios pasos, procesos, procedimientos y formas que deberán seguirse para lograr una buena calidad. Se dividen dentro de dos grandes grupos, los procesos de manufactura y los procedimientos que se utilizaron.

1.4.1 Procesos de manufactura utilizados

Los procesos que se mencionaron anteriormente son algunos procesos que existen en la industria: pero no todos se utilizan en la fabricación de la caldera. A continuación encontraremos los procesos que se utilizaron; se detalla la forma en que se realizan los procesos dentro de la empresa. Algunos se realizaron en la empresa, pero otros se hicieron fuera, ya sea por falta de los equipos necesarios o por la falta de tiempo que se requiere para fabricarlos.

1.4.1.1 Corte de tubos y materiales

Existen varias formas de cortar tubos utilizando sierras, tornos, oxicorte, plasma, con discos, etc. Los que se utilizan en la fabricación son los siguientes.

1.4.1.1.1 Cortadora eléctrica

Es una máquina con la cual se pueden cortar diferentes metales y perfiles; y en diferentes ángulos, se utiliza para el corte de la mayor parte de las piezas. El tubo se coloca en la base y es el disco el que baja y corta el tubo, es de tener cuidado de nivelar bien el tubo y utilizar el EPP (Equipo de protección personal) necesario para evitar o reducir accidentes.

- Utilizar lentes o careta facial, guantes, tapones auditivos, zapatos y ropa para uso industrial.
- Verificar que la cortadora se encuentre en buen estado.
- Seleccionar y ajustar el ángulo de corte.
- Alinear, nivelar y asegurar la cortadora.
- Medir y marcar la longitud en la pieza a cortar.
- Colocar la pieza en la cortadora y nivelarla; no cortar sobre la marca hecha, sino a un lado de ella, medir la longitud una vez más antes de cortar.
- Asegurar la pieza en la cortadora y en ambos extremos; encender la cortadora.
- Bajar lenta y constantemente la cortadora hasta el final del corte deseado y apagarla al terminar.
- Eliminar la rebaba, escoria o viruta que se forma con una lima, esmeril u otra herramienta abrasiva.
- Verificar la longitud de la pieza cortada.

1.4.1.1.2 Otros tipos de cortadoras

Existen otros tipos de cortadoras para metales, como los que se utilizan para cortar tubería de cobre, que generalmente son máquinas manuales que colocando la tubería entre dos rodillos y un disco de diamante, y haciendo girar la cortadora a medida que se añade más fuerza al disco, corta el tubo limpiamente sin dejar virutas.

Las roscadoras eléctricas, que, básicamente son un tornos con diferentes herramientas dentro de las cuales se encuentra un brazo con disco para corte de tubos que se utiliza previo a hacer la rosca en dicho tubo.

1.4.1.2 Desbaste

Se puede realizar con diferentes tipos de máquina; y su nombre varia dependiendo del fabricante de las herramientas, del lugar en el que se usan o el trabajo que se realice. En la figura 1, un técnico desbasta (pule, amola, esmerila) el exceso del cordón de soldadura y limpia las salpicaduras. Con el desbaste, también se puede cortar, lijar o pulir una pieza.

Figura 1. Desbaste



Fuente: SEIME

- Utilizar lentes o careta facial, guantes, tapones auditivos, zapatos y ropa para uso industrial.
- Verificar que la pulidora se encuentre en buen estado.
- Seleccionar el disco abrasivo a utilizar (cepillo, corte, pulir, lijar).
- Desconectar la pulidora de la fuente de energía eléctrica, siempre que se le vaya a cambiar un disco.
- Asegurar la pieza.
- Medir y marcar la pieza a trabajar.

- Conectar la pulidora a la fuente de poder.
- Sostener firmemente y con ambas manos la pulidora.
- Encender la pulidora y trabajar en la pieza.
- Verificar constantemente la pieza en la que se trabaja.
- Dirigir las chispas hacia un lugar que no cause daños.

1.4.1.3 Doblado

Proceso que por medio de una matriz y un punzón, le dan la forma deseada a la pieza de trabajo; generalmente, son dobleces rectos a diferente ángulo. En la empresa no se realiza el doblado, sino que se encarga a otra. El doblado se requiere en el doblado a 90° de la base de la caldera.

1.4.1.4 Pintado

El pintado de metales se realiza generalmente con un equipo neumático; que consiste en un compresor de aire, una manguera y una pistola, que contiene y rocía la pintura; se utiliza por diferentes razones, las principales son la de estilizar la pieza para que sea agradable a la vista y especialmente para protegerla de la corrosión.

- Utilizar lentes, mascarilla, ropa adecuada buscando cubrir todo el cuerpo (zapatos, pantalón, camisa, gorro, guantes).
- Limpiar la pieza completamente con un solvente para eliminar toda la suciedad y humedad que pueda tener.
- Preparar la pintura a utilizar siguiendo las recomendaciones del fabricante de la pintura.
- Seleccionar la presión de trabajo dependiendo del tipo de pistola a utilizar.

- Rociar, en un lugar ventilado, una capa uniforme de pintura en toda la pieza, teniendo cuidado de no excederse ya que puede formar una superficie defectuosa.
- Rociar otra capa de pintura, luego de unos minutos, cuando la pintura esta entre un 60 a 70% seca.
- Si es una pintura base; luego de secar, lijar y se limpiar con un paño limpio y seco toda la superficie y pintar la pieza.
- La cantidad de capas de pintura dependerá de la uniformidad de la pintura o de la calidad de terminación deseada.
- Limpiar el equipo de pintura.

1.4.1.5 Rolado

Se utiliza para hacer los cilindros de la caldera y del tanque de condensado; para hacer de los tubos de la chimenea; así como de los separadores, bota aguas, sombreros chinos. Este proceso se terceriza.

1.4.1.6 Roscado

La conexión más conocida y ampliamente utilizada donde la rosca de tubería provee tanto unión mecánica como sello hidráulico es la *rosca de tubería cónica nacional americana*, o **NPT**. La rosca NPT tiene una rosca cónica macho y hembra que sella con cinta de teflón o un compuesto para unir.

La palabra “cónica” en bastantes de los de los nombres mencionados en la tabla I, es la gran diferencia entre muchas roscas de tubería y aquellas utilizadas en tornillos y pernos.

Tabla I. Designación de roscas más conocidas

NPT	National Standard Pipe Taper Thread Rosca Americana cónica para tubos
NPSC	American Standard Straight Coupling Pipe Thread
NPTR	American Standard Taper Railing Pipe Thread
NPSM	American Standard Straight Mechanical Pipe Thread
NPSL	American Standard Straight Locknut Pipe Thread
NPTF	American Standard Pipe Thread Taper (Dry seal) Rosca Americana cónica de tubería para combustible
NPSF	National Pipe Straight Fuel Rosca paralela de tubería nacional para combustibles
BSPP	British Standard Pipe Thread Parallel Rosca estándar cilíndrica para tubería Británica
BSPT	British Standard Pipe Thread Taper Rosca estándar cónica para tubería Británica
Flare	Conexiones SAE acampanadas

Fuente: Colder Products Company

Muchas roscas de tubería no solo deben hacer un sello mecánico sino también un sello hidráulico a prueba de fugas. Esto es obtenido mediante la forma cónica de la rosca del macho que encaja con la forma de la rosca de la hembra y el uso de un sellante de tubería para llenar cualquier vacío que haya quedado entre las dos roscas y que puede causar una fuga en espiral. Las terminales de las roscas no están sobre un cilindro, pero si sobre un cono. El cono es de 1/16 de pulgada, que es lo mismo que 3/4 de pulgada en un pie. Debido a la conicidad, una rosca de tubería puede solamente roscar en una conexión cierta distancia antes que se trabé.

El estándar especifica esa distancia como la longitud de ajuste con la mano, es decir, la rosca de tubería que puede roscarse con la mano. Además especifica otra distancia – la rosca efectiva, que es la longitud de la rosca que hace sello en una rosca convencional de tubería maquinada. Para los operadores, en lugar de estas distancias, es más conveniente saber cuántas vueltas deben hacerse con la mano y cuántas con una llave. Una regla simple para instalar roscas de tubería cónicas, tanto metálicas como plásticas, es apretar a mano fuerte más dos vueltas con una llave. Los valores de torque de instalación pueden ser determinados por aplicación, pero debido a las variaciones en que se incurre en uniones de tubería tales como materiales diferentes de la rosca macho y hembra, tipo de sellantes utilizados y variaciones internas en el grosor de pared del producto, una especificación de torque estándar no puede ser generalmente aplicado.

Figura 2. Cortadora de tubos



a

b

Fuente: SEIME

- Utilizar lentes o careta facial, guantes, zapatos y ropa para uso industrial.
- Seleccionar el tubo a cortar.
- Medir la longitud del tubo entre las válvulas y agregar $\frac{1}{2}$ " por cada rosca a hacer.
- Colocar el tubo en la máquina y sujetarlo bien (figura 2 {1}).
- Colocar el corta tubos, teniendo cuidado que el tubo quede entre los rodillos y el disco de diamante y alinear a la distancia requerida (figura 2 {2}, {3}).
- Encender la máquina.
- Ajustar el corta tubos con cada revolución (figura 2 {4}).
- Mantener limpio, lubricado y refrigerado el corte.
- Sostener el extremo del tubo y al finalizar el corte, apagar la máquina.
- Retirar el tubo o ajustarlo para un nuevo corte.
- Quitar la rebaba del interior del tubo con el escariador (figura 3 {1}).
- Limpiar el tubo y la máquina roscadora.

Figura 3. Roscadora eléctrica



Fuente: SEIME

- Seleccionar la tarraja adecuada al diámetro del tubo y al tipo de rosca requerida (figura 3 {2}).
- Instalar un tubo de prueba en la roscadora.
- Encender la roscadora y empezar a maquinar la rosca acercando la tarraja al tubo (figura 3 {3}).
- Mantener en todo momento lubricado y refrigerado el roscado del tubo ya que pueden dañarse tanto el tubo, como los dados de la tarraja.
- Hacer la rosca aproximadamente de 1" o el ancho de los dados.
- Liberar la tarraja y apagar la máquina (figura 3 {4}).
- Comprobar la rosca hecha con un accesorio; si no se puede roscar, reducir el diámetro de corte; si queda flojo, aumentarlo (figura 3 {5}).
- Repetir el proceso, hasta que la rosca quede bien.
- Cortar y hacer roscas en los tubos o *nipples* a utilizar.
- Prestar mucho cuidado, porque las virutas pueden saltar y este proceso genera mucho calor en la rosca.

1.4.1.7 Taladrado

Utilizando un barreno o taladro ya sea manual o de pedestal, se hacen agujeros de diferentes diámetros en la pieza de trabajo.

- Utilizar lentes o careta facial, guantes, tapones auditivos (de ser necesario), vestuario y zapatos adecuados.
- Medir y marcar el lugar donde se realizara el agujero.
- Hacer una muesca, con un martillo y un punzón, que sirve de guía a la broca y además no se borra como el yeso o la tiza.
- Verificar el estado del barreno.
- Desconectar el barreno de la fuente eléctrica, siempre que se cambie de broca o se haga algún ajuste, para evitar accidentes.

- Utilizar una broca de diámetro pequeño (1/8" aproximadamente), hacer un agujero, siguiendo la muesca (punzonazo).
- Mantener lubricada la broca y el agujero para no sobrecalentarlos.
- Aumentar gradualmente el diámetro de la broca, hasta llegar al diámetro del agujero requerido.
- En algunas aplicaciones, se requiere un avellanado del agujero, por lo que con una broca de ½ diámetro mayor al diámetro del agujero, barrenar superficialmente el agujero, creando un bisel circular en una cara del agujero.

1.4.1.8 Torneado

Se utiliza el torneado para hacer los agujeros en los espejos en donde se instalaran los tubos de fuego de la caldera. Este proceso se terceriza.

1.4.1.9 Soldado

1.4.1.9.1 Soldadura con arco eléctrico

Es el proceso en el que su energía se obtiene por medio del calor producido por un arco eléctrico que se forma en el espacio comprendido entre la pieza a soldar y una varilla que sirve como electrodo. Por lo general el electrodo también provee el material de aporte, el que con el arco eléctrico se funde, depositándose entre las piezas a unir. La temperatura que se genera en este proceso es superior a los 5500 °C.

La corriente que se emplea en este sistema puede ser continua o alterna, utilizándose en los mejores trabajos la del tipo continua, debido a que la energía es más constante, con lo que se puede generar un arco más estable.

Los electrodos metálicos con recubrimientos que mejoran las características de la soldadura son los más utilizados en la actualidad. Las funciones de los recubrimientos son las siguientes:

- Proveen una atmósfera protectora.
- Proporcionan escoria de características adecuadas para proteger al metal fundido.
- Estabilizan el arco.
- Añaden elementos de aleación al metal de la soldadura.
- Desarrollan operaciones de enfriamiento metalúrgico.
- Reducen las salpicaduras del metal.
- Aumentan la eficiencia de deposición.
- Eliminan impurezas y óxidos.
- Influyen en la profundidad del arco.
- Disminuyen la velocidad de enfriamiento de la soldadura.

El proceso de soldadura con electrodo revestido es el más conocido y probablemente el más utilizado de los procesos de soldadura con arco, y es a la vez versátil y flexible.

Hay que tratar que la distancia entre la punta del electrodo y el objeto sea siempre la misma. La soldadura presenta un mejor aspecto cuando se avanza a una velocidad constante y se mantiene un arco de longitud uniforme. Cada vez que se hace una pausa en algún sitio, el cordón se hace más ancho. La transferencia de metal da como resultado un cordón bien formado cuando la velocidad de avance es constante.

La energía del arco y la transferencia de metal varían con la dirección del flujo de la corriente. Si se emplea la corriente equivocada, el arco puede resultar inestable e imposible de manejar.

El que las salpicaduras aumenten es un síntoma que la polaridad no es correcta. Otros síntomas son las variaciones en la forma que se espera que tenga el arco, una penetración insuficiente, demasiada turbulencia del chorro y una cantidad considerable de salpicaduras. Para diferenciar entre tipos de corriente véase tabla II.

Tabla II. Comparación entre uso de CC y CA

Características	Corriente continua	Corriente alterna
Pérdida de tensión en cables.	Grande. Los cables han de ser tan cortos como sea posible.	Pequeña. Preferible para soldar a gran distancia de la fuente.
Electrodos.	Son válidos todos los tipos de electrodos.	El revestimiento debe contener sustancias que restablezcan el arco.
Encendido del arco.	Fácil.	Difícil en electrodos de diámetro pequeño.
Mantenimiento del arco.	Fácil.	Más difícil, excepto si son electrodos de gran rendimiento.
Efecto de soplo.	Muy sensible, cuando se está cerca de los extremos de la pieza. El efecto se incrementa con la intensidad.	Es raro que se produzca. La alternancia de ciclos neutraliza los campos magnéticos.
Salpicaduras.	Poco frecuentes.	Más frecuentes, debidas a la pulsación.
Posiciones de soldeo.	Más fácil de usar; para soldaduras de secciones gruesas.	Fácil de usar en cualquier posición si se dispone del electrodo adecuado.
Soldadura de hojas metálicas.	Preferible.	Se puede deteriorar el material por la dificultad de encendido del arco.
Soldaduras de secciones gruesas.	Rendimiento bajo.	Preferible, pues se puede utilizar un mayor diámetro del electrodo y más intensidad de corriente.

Fuente: [www.monografias.com/trabajos13/elproces/Soldadura por arco eléctrico](http://www.monografias.com/trabajos13/elproces/Soldadura%20por%20arco%20el%C3%A9ctrico)

La transferencia de metal y la fuerza del arco se controlan con la longitud de éste y con la corriente utilizada. Cuando hay poca corriente, el arco pierde fuerza y disminuye la penetración, el cordón se adelgaza y el metal se empieza a acumular. También puede suceder que el electrodo se pegue a la pieza de trabajo. Cuando hay demasiada corriente, el arco tiene mucha fuerza; penetra demasiado en el objeto y produce demasiada salpicadura. En la tabla III se describen algunas dificultades en la soldadura.

Tabla III. Dificultades en la soldadura

Síntomas	Causas	Remedios
Arco inestable, se mueve, el arco se apaga, mucha salpicadura.	Arco demasiado largo.	Acorte el arco para penetración correcta.
La soldadura no penetra, el arco se apaga con frecuencia.	Insuficiente corriente para el tamaño del electrodo.	Aumentar corriente o use electrodo más pequeño.
Sonido fuerte de disparo del arco, el fundente se derrite rápidamente, cordón ancho y delgado; salpicadura en gotas grandes.	Demasiada corriente para tamaño del electrodo, humedad en el electrodo.	Reducir corriente, use electrodo más grande seque los electrodos.
La soldadura se queda en bolas, soldadura pobre.	Electrodo incorrecto para el trabajo.	Use el electrodo correcto.
Difícil establecer el arco, penetración con una soldadura inadecuada.	Polaridad incorrecta en porta electrodo, metal no limpiado, corriente insuficiente.	Cambie polaridad o use corriente CA, o, aumente la corriente.
Soldadura débil, difícil hacer el arco, el arco se rompe mucho.	El metal por soldar no está limpio.	Limpie el metal, quite toda escoria de soldadura previa.
Arco intermitente, puede que cause arcos en grapa para puesta a tierra.	Puesta a tierra inadecuada.	Corrija la puesta a tierra, mueva el electrodo más lentamente.

Fuente: [www.monografias.com/trabajos13/elproceso/Soldadura por arco eléctrico](http://www.monografias.com/trabajos13/elproceso/Soldadura%20por%20arco%20el%C3%A9ctrico)

Cuando el arco es demasiado corto, excava en el objeto. Un arco corto puede hacer que la transferencia de metal sea dispareja y que las ondulaciones del cordón sean grandes. Hay una tendencia a que se formen agujeros de escoria y porosidad. Si el arco es largo, las fuerzas de penetración disminuyen. Puede ser que el arco se aparte de su trayectoria normal y que los bordes del cordón resulten irregulares y disparejos.

El ángulo que forma el electrodo con la pieza también afecta la transferencia de metal, pues este ángulo dirige la fuerza del arco. Al acercar el ángulo hacia la vertical, aumenta la penetración. A medida que se disminuye el ángulo, se reduce la penetración. Cuando se inclina el electrodo hacia la izquierda o hacia la derecha, que es lo que se conoce como ángulo de trabajo, el cordón se desplaza del centro. Para solucionar los problemas más comunes ver tabla III.

Seguridad en soldadura eléctrica

Las operaciones de soldadura por arco eléctrico presentan una serie de peligros que es necesario tener en cuenta para evitar accidentes personales. A continuación se presentan algunas recomendaciones generales de seguridad:

- Verificar el estado de los cables y terminales antes de usarlos.
- Tomar las precauciones necesarias para realizar las conexiones.
- Evitar que los cables descansen sobre objetos calientes, charcos, bordes afilados o cualquier otro elemento que pudiera dañarlos.
- Evitar que pasen vehículos por encima, que sean golpeados o que las chispas de soldadura caigan sobre los cables.
- Conectar el cable de masa sobre la pieza a soldar o lo más cerca que sea posible.

- Antes de realizar cualquier modificación en la máquina de soldar cortar la corriente, incluso cuando se mueve de lugar.
- No dejar conectadas las máquinas de soldar en los momentos de suspender momentáneamente las tareas.
- No trabajar en recintos que hayan contenido gases o líquidos inflamables, sin que previamente hayan sido debidamente ventilados.
- En caso de utilizar electrodos que generen humos, poner en funcionamiento los aspiradores correspondientes, o en caso contrario, emplear equipos de protección respiratoria.

Equipo de protección personal (EPP):

- Pantalla de protección.
- Careta y protección ocular.
- Guantes de cuero de manga larga.
- Delantal de cuero.
- Zapatos adecuados.
- Casco de seguridad (cuando sea necesario).

Recomendaciones:

- No realizar trabajos de soldadura utilizando lentes de contacto.
- Comprobar que las caretas no estén deterioradas puesto que si así fuera no cumplirán su función.
- Verificar que el cristal de las caretas sea el adecuado para la tarea que se va a realizar.
- Proteger los ojos para picar la escoria o pulir la soldadura.
- Los ayudantes y aquellos que se encuentren a corta distancia de las soldaduras deberán usar gafas con cristales especiales.

- Cuando sea posible utilizar pantallas alrededor del puesto de soldadura.
- Utilizar siempre guantes y desconectar la máquina, para colocar los electrodos.
- Aislar suficientemente la pinza y cuando este bajo tensión tomarla con los guantes.
- No colocar las pinzas sobre materiales conductores.
- Usar pinzas o alicates para recoger el metal caliente, no los guantes.
- Remover o cubrir las bolsas delanteras del pantalón y de la camisa.
- Comprobar que el área de soldar tenga un piso de cemento.
- Guardar todo material combustible a una distancia prudente.
- No usar guantes ni otra ropa que contenga aceite o grasa.
- Estar seguro que todo alambrado eléctrico está instalado y mantenido correctamente. No sobrecargar los cables de soldar.
- Comprobar que la máquina está correctamente conectada a la tierra. Nunca trabajar en un área húmeda.
- Seguir las reglas del fabricante sobre operación de interruptores y para hacer otros ajustes.
- Procurar contar con equipo extintor de fuego al alcance en todo momento.
- Asegurarse que los metales estén libres de aceite.

Color de lentes para varios tipos de soldadura

- Color núm. 5 para soldadura liviana por puntos.
- Colores núm. 6 y 7 para soldar con hasta 30 amperios.
- Color núm. 8 para soldar con entre 30 y 75 amperios.
- Color núm. 10 para soldar con entre 75 y 200 amperios.
- Color núm. 12 para soldar con entre 200 y 400 amperios.
- Color núm. 14 para soldar con más de 400 amperios.

Posiciones para soldar:

- Horizontal.
- Plano.
- Vertical.
- Sobre cabeza.

Establecimiento del arco

Para establecer el arco, ligeramente golpee o rasque el electrodo en el metal por soldar. Tan pronto como se establezca el arco, inmediatamente levante el electrodo a una distancia igual al diámetro del electrodo. El no levantar el electrodo lo causará a pegarse al metal. Si se lo deja quedar en esta posición con la corriente fluyendo, el electrodo se calentará al rojo vivo. Cuando un electrodo se pegue, se lo puede soltar rápidamente torciendo o doblándolo. Si este movimiento no lo despegue, suelte el electrodo del porta electrodo.

Electrodos

Son materiales consumibles de la soldadura o metales de aporte; los electrodos para soldadura de arco, de acero blando recubierto y de acero con bajo contenido de aleación recubiertos, se clasifican de acuerdo con las normas AWS y ASTM A5.1 y A5.5 respectivamente.

Clasificación AWS-ASTM de los electrodos de acero al carbón

Esta clasificación esta formada por una serie de cuatro o cinco dígitos que lleva como prefijo la letra E. Ver tabla IV.

Tabla IV. Nomenclatura de los electrodos

Elemento	Significado
E	Electrodo para arco eléctrico
XXX	Resistencia a la tensión en ksi
Y	Posición de aplicación: 1 Cualquier posición 2 Vertical 3 Horizontal
Z	Características de la corriente 0 CC invertida 1 CC y CA sólo invertida 2 CC (directa) y CA 3 CC y CA (directa) n alguna otra característica
Letras	Depende de la marca de los electrodos establece las aleaciones y las características de penetración

Fuente: H. C. Kazanas, genn E. Backer, Thomas Gregor
Procesos básicos de manufactura

Intensidad de corriente

El amperaje que se debe aplicar para generar la soldadura es muy importante, de ello depende que no se pegue el electrodo, que la soldadura fluya entre las dos piezas o que no se perforen las piezas que se van a unir.

En la tabla V se muestran las cantidades de corriente en amperes que se deben utilizar de acuerdo al grueso de los electrodos.

Tabla V. Corriente aproximada para soldar

Diámetro del electrodo (pulgadas)	Amperes para soldadura plana	Amperes para soldadura vertical y sobre la cabeza
1/16	25-70	---
3/32	60-100	---
1/8	80-150	75-130
5/32	125-225	115-160
3/16	140-240	125-180
1/4	200-350	170-220
5/16	250-500	---
3/8	325-650	---

Fuente: H. C. Kazanas, genn E. Backer, Thomas Gregor
Procesos básicos de manufactura

Una recomendación práctica que se utiliza sin recurrir a tablas es la de convertir el diámetro del electrodo de fracciones a decimales, eliminar el punto y esa será la corriente aproximada que debe utilizar con ese electrodo. Por ejemplo, si tiene un electrodo de 1/8 su conversión a decimales será 0.125, al quitarle el punto se obtiene 125, lo que indica que se deben utilizar más o menos 125 amperios para que el electrodo funcione bien.

También utilizar 28 amperios por cada 1/32" de diámetro de electrodo a usar. 1/8" = 4(1/32") o sea que para un electrodo de 1/8" se debe de utilizar aproximadamente 112 amperios.

1.4.1.9.2 Corte con oxiacetileno

El corte del metal se hace calentando este a la temperatura de ignición con una llama de oxi-acetileno y oxidándolo, acto seguido rápidamente con un chorro de oxígeno puro a alta presión. El soplete usado para cortar proporciona la llama precalentadora y el oxígeno cortador. El corte del metal, se hace con el oxígeno y no con la llama.

La combustión del metal se da cuando el acero se calienta a su punto de ignición (1200 °F), el oxígeno se combina con el metal y lo oxida (quema). Cuando el oxígeno se suministra puro y a alta presión, la oxidación del acero es extremadamente rápida.

Los factores más importantes que deben considerarse para obtener cortes buenos y eficientes son: el tamaño correcto del pico cortador, el volumen de gas precalentador, el volumen del oxígeno cortador (que se determina por la presión correcta del oxígeno para cortar) y la velocidad de avance del soplete.

La llama precalentadora debe ajustarse al punto donde el corte pueda continuarse con el mínimo derretimiento en los bordes superiores de la ranura. La habilidad para hacer este ajuste rápidamente y con corrección se obtiene solo con la experiencia. La velocidad de avance del soplete debe ser tal que produzca un corte limpio con un movimiento uniforme, libre de chorros abruptos de metal derretido por la ranura.

Un avance muy lento o un precalentamiento excesivo tienden a derretir los bordes superiores de la ranura. Este metal derretido tiende a cerrar el corte y crea una pared muy áspera en este último.

El agujero inicial debe hacerse separado de la línea de corte por una distancia igual cuando menos al espesor del metal. Caliente el metal a la temperatura de ignición y abra el paso del oxígeno cortador lentamente. Al mismo tiempo, mueva el soplete lentamente con una trayectoria semicircular hacia usted, aumentando el flujo del oxígeno cortador a medida que el corte progresa. Al mover el soplete de esta manera, el metal derretido es soplado lejos del operador.

1.4.2 Procedimientos utilizados

1.4.2.1 Expansión de tubos

La expansión de tubos es aumentar el diámetro del tubo desde el interior, hasta que el exterior haga un sello mecánico con el agujero del espejo al cual se esta expandiendo.

Figura 4. Sujeción de tubos a expandir



Fuente: SEIME

En la figura 4 podemos apreciar la forma de sujetar los tubos a expandir en su otro extremo; es de tener cuidado que el tubo sobresalga aproximadamente 0.476cm [3/16"] para soldarlo o bordearlo.

- Colocar todos los tubos en la caldera.
- Dejar alrededor de 3/16" de cada lado del tubo fuera del espejo para su expansión (figura 4).
- Sostener firmemente el tubo a expandir (figura 4).
- Revisar y limpiar la herramienta expansora, verificar el estado de los cilindros y del eje torsor.
- Colocar la herramienta, previamente lubricada con diesel, en el tubo (figura 5), hasta que no pase más, utilizando solo la fuerza manual.
- Insertar el eje torsor y golpearlo suavemente para que quede ajustado.
- Girar en el sentido de las manecillas del reloj; hasta que el cuerpo de la herramienta llegue al espejo, no del eje torsor.
- Girar en sentido contrario para extraer el expansor.
- Lubricar y expandir otro tubo.

Figura 5. Expansión de tubos



Fuente: SEIME

1.4.2.2 Inspección visual

Figura 6. Inspección visual



Fuente: SEIME

En la figura 6, un técnico revisa todas las soldaduras en busca de posibles fugas que luego serán reparadas. Utilizando la vista especialmente, auxiliándose de cualquier herramienta, se procede a observar toda la estructura, en busca de fallas, fugas, trabajos defectuosos, etc., que pongan en peligro la integridad de la caldera; para luego ser reparada.

Existen muchos métodos para verificar la integridad de una pieza; dentro de los cuales se encuentran los ensayos destructivos y los no destructivos.

Dentro los ensayos no destructivos, se pueden mencionar los de partículas magnéticas, líquidos penetrantes, endoscopia, ultrasonido, radiografía industrial (rayos X o catódicos, rayos gamma) y otros que nos pueden ayudar a encontrar las fallas; pero algunos de estos ensayos son costosos o no tienen aplicación práctica en algunos casos.

1.4.2.3 Nivelación

Figura 7. Nivelación



Fuente: SEIME

Antes de realizar cualquier trabajo de mecanización o manufactura, deberá asegurarse que la pieza de trabajo este sujeta firmemente, así como de nivelarla tanto vertical como horizontalmente y sobre el eje a trabajar (figura 7).

- Asegurar y ajustar bien la base (generalmente se coloca un par de puntos de soldadura (figura 7 {1})).
- Nivelar la pieza de trabajo con su base en el eje horizontal y agregarle o quitarle cuñas (figura 7 {2}).
- Algunas estructuras cilíndricas o que puedan rotar, se les puede sujetar barras tensoras para evitar el volteo (figura 7 {3}).
- A no ser que se indique lo contrario, siempre nivelar la pieza de trabajo en un ángulo recto (90°), con respecto a la horizontal o vertical.
- Verificar constantemente el nivel de la pieza de trabajo, para evitar realizar trabajos defectuosos.

1.4.2.4 Verificación de fugas

Utilizando la prueba hidrostática (ver 2.5.4 prueba hidrostática) y la inspección visual (ver 1.4.2.2 inspección visual), se verifica la existencia de fallas, fisuras u otro defecto por medio de las fugas de agua. Ver figura 8.

Figura 8. Verificación de fugas



Fuente: SEIME

- Revisar todos los cordones de soldadura.
- Con un paño seco secar el agua de la fuga y determinar el lugar exacto.
- Si no se ve claramente, utilizar un cepillo, picador, pulidora o cualquier herramienta necesaria para localizar exactamente la fuga y su tamaño.
- Marcar la fuga y buscar una nueva (ver flechas).
- Una vez localizadas todas las fugas, repararlas.
- Después de repararlas, verificarlas nuevamente.
- Repetir este proceso hasta que no haya ninguna fuga.
- Reparar todas las fugas, por más mínimas que sean.

1.5 Equipos y materiales utilizados

1.5.1 Equipos y herramientas

- Soldadora al arco eléctrico.
- Cortador con oxi-acetileno.
- Esmeril.
- Pulidoras, amoladoras, esmeriladoras.
- Barreno manual y de pedestal.
- Prensas.
- Roscadora.
- Hidrolavadora.
- Cortadoras.
- Polipasto.
- Llaves de cadena, de corona, ajustable, para tubos, inglesa.
- Roladora.
- Montacargas manual y mecánico.
- Compresor.
- Escaleras.
- Andamios.
- Desarmadores, destornilladores manuales y eléctricos.
- Multímetro.
- Cortadores de alambre.
- Alicates.
- Remachadora.
- Cinta métrica.
- Manómetro.
- Niveles.

- Vehículos de transporte.
- Pistola para pintar.
- Brocas.
- Equipo de protección personal.
- Compás.
- Transportador.
- Escuadras.
- Reglas.
- Rotuladora.
- Cortadora de vidrio.
- Cadenas, lazos, eslingas.
- Cuñas de madera y metal.
- Flote.
- Medidores de nivel.
- Bomba de agua.
- Termómetro.
- Expansor de tubos.
- Rebordeador.

1.5.2 Materiales

- Láminas de acero de diferentes medidas y grosores.
- Láminas de acero inoxidable.
- Láminas de aluminio.
- Refractario.
- Asbesto.
- Fibra de vidrio.
- Fibromix.

- Tornillos de diferentes tipos y roscas.
- Pintura.
- Solvente.
- Wipe.
- Teflón en cinta y líquido.
- Oxígeno, acetileno.
- Discos para corte, para pulir, para lijar, para cepillar.
- Lijas.
- Electrodo E6010, 6013, 7018.
- Angulares y hembras de diferentes medidas.
- Tuberías de proceso, caldera, hierro negro, hierro galvanizado, cobre, para instalaciones eléctricas rígidas y flexibles.
- Válvulas, de globo, de seguridad, cheques, filtros, de unión universal.
- Accesorios, codos, tees, cruces, reductores bushing, tapones hembra y macho.
- Tiza.
- Coplas, *nipples*, lira de protección.
- Cinta de aislar.
- Luces, interruptores, canaletas, terminales y demás para el sistema eléctrico.
- Cañuela.
- Soportes para tubería.
- Mangueras para combustible.
- Lazos refractarios.
- Aceite, refrigerante, agua.
- Cables eléctricos de diferente calibre.

2. FABRICACIÓN DE CALDERA SEIME

2.1 Caldera SEIME

Figura 9. Caldera SEIME

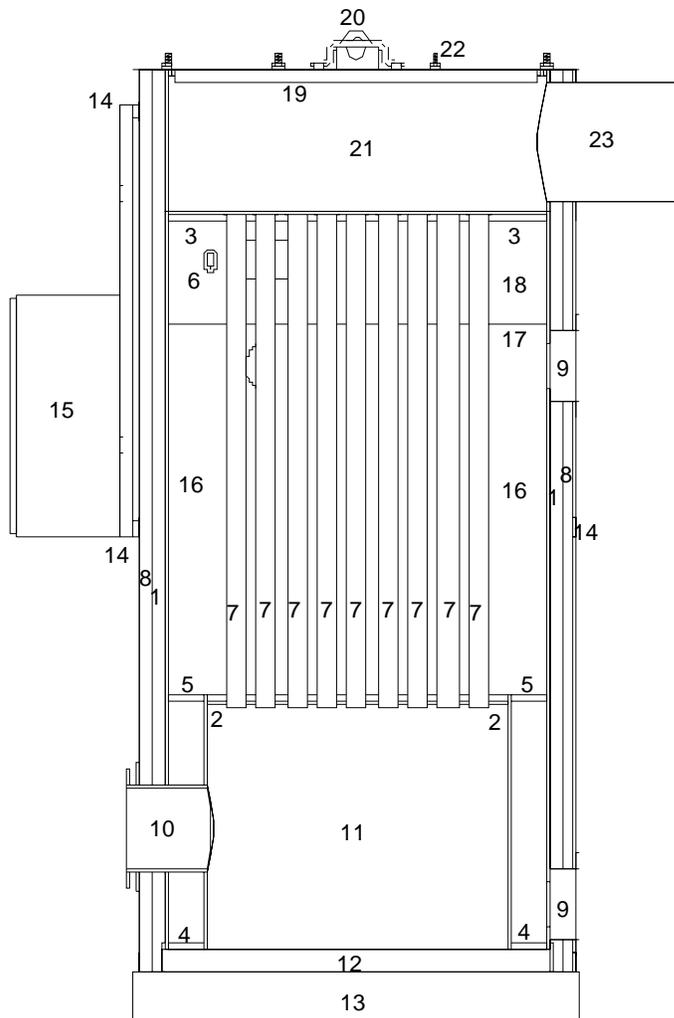
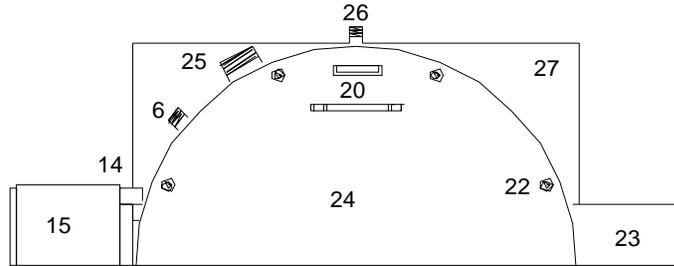


Fuente: SEIME

En la figura 9, se aprecia una caldera SEIME modelo HS-40, lista para salir de la fábrica; esta desconectado eléctricamente el quemador del tablero de control y tiene el protector de la lámina de acero inoxidable.

2.1.1 Partes de la caldera SEIME

Figura 10. Partes de la caldera



En la figura 10 se muestran las partes de una caldera SEIME seccionada por la mitad, a continuación se encuentran con más detalle. Ver también apéndice 10.

- 1 Fibra cerámica (ver apéndice 13 a y figura 29).
- 2 Espejo inferior (ver apéndice 2, 3 y figura 12).
- 3 Espejo superior (ver apéndice 2, 3 y figuras 23 a, 24).
- 4 Anillo base (ver apéndice 2,3 y figura 12).
- 5 Sujetador / estabilizador del horno (ver apéndice 4).
- 6 Salida válvula de seguridad (ver apéndice 5, 8, 9 y figuras 17, 23 a, 32).
- 7 Tubos de caldera (ver apéndice 3, 4 b y figura 4).
- 8 Fibra de vidrio (ver apéndice 13 b y figuras 29, 30 a).
- 9 Tortuga (ver apéndice 8, 10, 11 a, 25 y figuras 26, 27, 32).
- 10 Tubo del quemador (ver apéndice 2, 4, 6, 9, 25 y figuras 6, 12, 26, 32).
- 11 Cámara de combustión, hogar u horno (Ver apéndice 2, 4 y figura 12).
- 12 Material refractario de la base (ver apéndice 24 y figura 25).
- 13 Base de caldera (ver apéndice 11 b, 24 y figuras 25, 26, 27).
- 14 Espaciadores (ver apéndice 12 a y figuras 27, 28).
- 15 Tablero (ver apéndice 15 y figura 21).
- 16 Cámara de agua (ver apéndice 4 b).
- 17 Nivel de agua (ver apéndice 4 b).
- 18 Cámara de vapor (ver apéndice 4 b).
- 19 Sección de la tapadera (ver apéndice 24 y figura 14).
- 20 Orejas y sujetadores (ver apéndice 11, 25 y figuras 13, 26, 28).
- 21 Cámara de gases de combustión (ver apéndice 3, 5 b y figura 24).
- 22 Tuercas y tornillos de tapadera (ver apéndice 12 b, 25 y figuras 26, 28).
- 23 Chimenea (ver apéndice 5 c, 6, 7, 26 y figuras 24, 27).
- 24 Tapadera (ver apéndice 12 b, 24 y figura 14).
- 25 Salida de vapor (ver apéndice 4, 5, 7, 10 y figuras 17, 23 a, 32, 33).

- 26 Entrada de agua (ver apéndice 5, 7, 9, 10 y figuras 18).
- 27 Base (ver apéndice 11 b, 24 y figuras 25, 26, 27).

2.1.2 Especificaciones técnicas

Figura 11. Especificaciones técnicas



Fuente: SEIME

En la figura 11, se encuentran las especificaciones técnicas de la caldera, con capacidad de 40 BHP (Brake Horse Power) Caballos de fuerza al freno, presión máxima de trabajo de 150psi manométricas y una producción de 1,380 libras de vapor por hora. Se requieren 220 voltios de CA trifásico.

Figura 12. Horno



Fuente: SEIME

En la figura 12 se aprecia la cámara de combustión (horno) de la caldera, además el espejo inferior {1}, el anillo base {2}, el cilindro del horno {3} y el tubo del quemador {4}.

Figura 13. Orejas



Fuente: SEIME

En la figura 13 se muestran las orejas que sirven para levantar la caldera o para asegurarla durante el transporte.

Figura 14. Tapadera



Fuente: SEIME

La tapadera de la caldera, tiene una sección que reduce la transferencia de calor de los gases de combustión, al exterior (figura 14).

2.2 Accesorios

Figura 15. Accesorios de tubería



Fuente: SEIME

- 1 Tee.
- 2 Tapón macho.
- 3 *Nipples*.
- 4 Codos a 90° de radio corto.
- 5 Unión universal o americana.
- 6 Reductor bushing.
- 7 Tubo de hierro negro.

En la figura 15 se encuentran algunos a accesorios para tubería más utilizados, como la “tee”, tapón macho, *nipples* de diferentes medidas, codos, reductores y uniones universales.

En la figura 16 se encuentra la lira de protección (tripa o cola de coche) que se utiliza en la instalación de un manómetro.

Figura 16. Lira de protección



Fuente: SEIME

2.3 Válvulas

Figura 17. Válvula de bola y de seguridad



Fuente: SEIME

La figura 17 muestra la válvula de bola {1} (válvula o llave de paso) y la válvula de seguridad {2}.

Figura 18. Válvula de retención y de bola



Fuente: SEIME

La figura 18 muestra dos válvulas de retención angular o en Y {1} (cheque o antirretorno) y una de bola {2}.

2.4 Equipos secundarios

Figura 19. Quemador



Fuente: SEIME

El quemador que aparece en la figura 19, es el encargado de realizar la combustión para la producción de vapor; cuenta con un motor, ventilador, bomba de combustible, transformador, electro válvulas, electrodos, etc.

Datos del quemador

- Beckett Comercial.
- Model CF 2300 A.
- Series Oil Burneo.

En la figura 20 encontramos al McDonnell; aunque su nombre correcto sea (**control de nivel de alta presión o control de la bomba y apagado por bajo nivel de agua**), pero, es llamado así por la empresa que los fabrica McDonnell & Miller.

Figura 20. McDonnell



Fuente: SEIME

Figura 21. Tablero



Fuente: SEIME

En la figura 21 a, encontramos el interior del tablero de control de la caldera; se pueden observar 2 controles de presión de trabajo; el de la izquierda es auxiliar y opcional, si se tiene otro McDonnell de seguridad.

- 1 Puente eléctrico.
- 2 Control primario del interruptor de la ignición del combustible (Controlador del quemador).
- 3 Control de presión de trabajo (pressuretrol).
- 4 Contactor para el motor del quemador.
- 5 Interruptor (switch).
- 6 Luces indicadoras.

En la figura 21 b encontramos los controles y luces indicadoras del tablero.

- 7 Interruptor APAGADO / ENCENDIDO.
- 8 Interruptor FUEGO 1 / FUEGO 2.
- 9 Luz indicadora verde 120 VOLTIOS.
- 10 Luz indicadora amarilla DEMANDA.
- 11 Luz indicadora amarilla IGNICIÓN.
- 12 Luz indicadora amarilla VÁLVULA 1.
- 13 Luz indicadora amarilla VÁLVULA 2.
- 14 Luz indicadora roja FALTA AGUA.
- 15 Cerrojo.

2.5 Fabricación de la caldera

Para poder fabricar la caldera, se necesitan los planos de fabricación que se encuentran en el apéndice de este trabajo.

Dichos planos fueron hechos, durante la fabricación de la caldera; en ellos se pueden apreciar que en las cotas aparecen 2 medidas, una principal y otra entre corchetes, la primera muestra la medida en centímetros y la segunda en pulgadas, además existen otras que muestran el símbolo \varnothing que quiere decir que es el diámetro, si aparece R quiere decir que es el radio; por lo que puede existir alguna medida diferente de los planos originales.

Entre los apéndices 4 a y 15 b, se muestran planos girando en el sentido de las manecillas del reloj, mostrando los ángulos 0° , 90° , 180° , 210° y 270° ; en cada rotación, aumenta el proceso de fabricación de la caldera, desde la instalación de los espejos y cilindros, hasta la instalación del panel de instrumentos.

Por medio de la observación, la medición, toma de notas y de la realización personal de los diferentes procesos, se extrae un resumen de lo que es la fabricación de la caldera SEIME.

2.5.1 Cilindros y espejos

Figura 22. Cilindros de caldera



Fuente: SEIME

- Rolar una plancha de acero al carbono de 182.9cm X 304.8cm X 0.8cm aproximadamente [6' X 10' X 5/16"] (ver apéndice 2 y figura 22) para el cilindro principal de la caldera.
- Cortar 2 círculos de 94.9cm [37 3/8"] de diámetro y de 1,27cm [1/2"] de espesor (ver apéndice 3) para los espejos.
- Soldar (unir) temporalmente los dos espejos juntos, y marcar con un punzón el centro y el diámetro de los 69 agujeros, como se indica en el apéndice 3.
- Tornear (barrenar) los 69 agujeros de los dos espejos y separarlos.
- Tomar un espejo, marcar y cortar una sección circular exterior, como muestra el apéndice 3, que al separarlos se convertirán en el espejo inferior y el anillo base; el otro espejo será el superior.
- Rolar plancha de acero al carbono de 62.2cm X 240cm X 0.8cm aproximadamente [24 1/2" X 94 1/2" X 5/16"] para el cilindro del horno (ver apéndice 2).
- Cortar 20.32cm [8"] de un tubo de hierro negro de 20.32cm [8"] (ver apéndice 2, 25) para el tubo del quemador.
- Pulir la unión del cilindro de la caldera y del horno, hasta dejar una ranura, tanto interior como exteriormente, ya que la empresa que rola los cilindros, solo deposita pequeños cordones de soldadura para mantener la circunferencia; y éstos deben de eliminarse.
- Soldar toda la unión en los cilindros, interior y exteriormente; utilizando inicialmente electrodos E 6010 para penetrar y luego E 7018 para finalizar (rematar), ambos electrodos de 1/8" de diámetro.
- Pulir o desbastar todo el cordón de soldadura, verificando la existencia de cualquier tipo de defecto de soldadura.
- Ya que en ambos cilindros, se hará un corte circular para la instalación del tubo del quemador, se puede calcular y medir la sección de soldadura que será eliminada en el corte; y evitar soldar a lo largo de este tramo; solo soldar pequeños cordones, para mantener la forma cilíndrica.

- Pulir todos los cortes y soldaduras de los cilindros, de los espejos y del anillo base.
- Verificar las dimensiones de las partes de la caldera y compararlas con los planos (apéndice 1, 2, 3).
- Biselar entre 45° y 60° las partes que serán soldadas dejando cerca de 0.3cm [1/8"] sin biselar y entre las partes a soldar.
- Colocar y nivelar el anillo base a uno de los extremos del cilindro de la caldera, separándolo cerca de 0.5cm [3/16"] del rostro. Solo hacer cordones cortos en diferentes puntos a lo largo de toda la circunferencia.
- Colocar y nivelar el espejo inferior en el cilindro del horno, separándolo cerca de 0.5cm [3/16"] del rostro. Soldar pequeños cordones a lo largo de la circunferencia.
- Verificar la correcta instalación del espejo y luego soldar a lo largo de toda la circunferencia, tanto interior como exteriormente, con electrodo E6010 y luego con un electrodo E 7018, ambos de 1/8" de diámetro.
- Pulir los cordones de soldadura y buscar defectos o imperfecciones en ellos; si existen, repararlos.
- Colocar y alinear el cilindro del horno con el cilindro de la chimenea, tener especial cuidado de alinear las secciones a cortar para el tubo del quemador; ambos cilindros deben tener la misma distancia entre el rostro de estos y el anillo base.
- Soldar pequeños cordones a lo largo de toda la circunferencia de la unión entre el cilindro del horno y el anillo base.
- En la parte superior del cilindro del horno, entre este y el cilindro de la chimenea, soldar tres o cuatro separadores, para mantener la correcta ubicación, distancia e instalación del cilindro del horno, respecto del cilindro de la caldera. (ver apéndice 4).

- Marcar con tiza todos los cortes a realizar sobre el cilindro principal de la caldera (apéndice 1), con un punzón marcar el centro y cortar los agujeros de entrada de agua y de salida de vapor únicamente (apéndice 7, 9, 10).
- En el lado interior del cilindro de la caldera, instalar un deflector de agua y uno de vapor en la entrada de agua y salida de vapor respectivamente (ver apéndice 4). Estos sirven, para que la corriente del agua que entra a la caldera no choque con los tubos de la caldera, sino que se desvíe hacia los lados; y, para que el vapor que sale de la caldera, no arrastre agua.
- Colocar y nivelar el espejo superior en el cilindro de la caldera; tener especial cuidado de alinear los agujeros del espejo superior, con los agujeros del cilindro inferior.
- Medir la distancia entre los extremos exteriores de los espejos 123.2cm [48 ½"] (ver apéndice 3) y soldar con pequeños cordones en toda la circunferencia de la unión.
- Verificar las distancias y la nivelación de los cilindros de la caldera, con los espejos, el anillo base y especialmente los agujeros de los tubos de los espejos; si existen errores corregirlos.
- Soldar las uniones del anillo base y del espejo superior con electrodos E 6010 y E7018 de 1/8".
- Pulir los cordones de soldadura, buscando defectos en ellos; si existen repararlos.

2.5.2 Corte de agujeros

- Cortar 12.7cm [5"] de *nipple* de 3" de hierro negro, con rosca NPT en un extremo y el otro liso.
- Cortar por la mitad, 2 coplas de 1" de 3000 lb.
- Cortar por la mitad 1 copla de 1 ¼" de 3000 lb.

- Marcar todos los agujeros (ver apéndice 1, 25) con ayuda del *nipple* de 3", marcar el agujero necesario para que entre el *nipple* en la caldera; con una copla de 1", marcar el agujero para la entrada de agua, válvula de seguridad, vapor McD., agua McD; con la copla de 1 ¼", marcar el agujero para la purga; marcar los agujeros para las 6 tortugas, que son 2 semicírculos de 4.1cm [1 5/8"] separados 3.2cm [1 ¼"]; marcar el agujero del tubo del quemador.
- Marcar el agujero en el cilindro del horno, donde se instalara el tubo del quemador.
- Revisar nuevamente todas las medidas para los cortes.
- Cortar con el equipo de oxiacetileno, todos los agujeros; verificando que el *nipple*, tubo o copla a instalarse, entren sin dificultad.
- Pulir todos los agujeros, biselar todos los agujeros, donde se vaya a soldar, excepto los de las tortugas.
- Cortar 4 *nipples* de hierro negro de 1" X 10.16cm [4"] con rosca NPT en ambos lados.
- Cortar 1 *nipple* de hierro negro de 1 ¼" X 10.16cm [4"] con rosca NPT en ambos lados.
- Colocar los 5 *nipples* recién cortados en las medias coplas.
- Alinear y nivelar la caldera (ver 1.4.2.3 nivelación).
- Colocar, alinear y ajustar el *nipple* de 3", colocar un punto de soldadura para sujetar el *nipple*, ajustar, alinear y colocar otro punto en el extremo opuesto al primero; ajustar, alinear y colocar otros dos puntos en los extremos no soldados para contar con un punto de soldadura cada 90°.
- Colocar las coplas con la ayuda de los *nipples*, alinearlas y ajustarlas; soldar cuatro puntos de soldadura en los extremos.
- Siempre que se vaya a soldar una copla, roscar un tubo o *nipple*, para evitar que la salpicadura de la soldadura, alcance la rosca de la copla y para contrarrestar la posible deformación.

- Colocar, alinear y ajustar el tubo del quemador, soldar 4 puntos en ambos cilindros.
- Verificar el estado, alineación y nivelación de las coplas, *nipple* y tubo; si están bien, soldarlos, sino corregirlos.
- Soldar las coplas, tubo y *nipple*, con E 6010 y luego con E 7018 de 1/8".
- Pulir las soldaduras buscando fallas o defectos, si existen repararlos.

2.5.3 Tubos de caldera

- Medir los 69 tubos de la caldera individualmente, ya que debido a los procesos de torneado y soldado, puede ser que los espejos sufran cierta deformación, aunque sea muy pequeña. La longitud promedio de los tubos es de 124.1cm [48 7/8"] (ver apéndice 3, 4b y figura 10).
- Medir la distancia entre los extremos de los espejos, y sumarle 0.95cm [3/8"].
- Cortar los tubos y eliminar la rebaba que produce el corte (ver 1.4.1.1 corte de tubos y materiales), y colocarlos en los agujeros de los espejos.
- Cuando estén todos los tubos en su lugar, sujetarlos y expandirlos (ver 1.4.2.1 Expansión de tubos) de ambos lados.
- Si los tubos son más largos o más cortos, rectificarlos; sino, prestar cuidado de dejar una distancia de 0.476cm [3/16"] en el espejo superior, aunque en el inferior no sea exactamente tan preciso.
- En el lado del espejo superior, utilizando un martillo de bola, golpear de adentro hacia fuera la parte del tubo que sobresale del espejo, buscando hacer una campana o abocinar la boca del tubo.
- Golpear la boca del tubo, hasta que toque la pared del espejo; repetir para todos los tubos del espejo superior.
- Rebordear con un martillo neumático el borde de los tubos del espejo superior, hasta que la boca del tubo o flux tenga una superficie lisa.

- En el lado del espejo inferior, soldar los tubos al espejo con electrodo E7018 de 1/8" de diámetro; o si es muy difícil, utilizar de 3/32".
- Después de rebordear y de soldar los fluxes, se expanden nuevamente todos los tubos de ambos lados.

2.5.4 Prueba hidrostática

- Asegurar la caldera.
- En el *nipple* de la salida de vapor, instalar un tapón hembra (ver apéndice 7, 10 y figura 23 {1}), utilizar teflón en cinta y líquido para evitar fugas.
- En la copla de la válvula de seguridad, instalar una válvula de bola que servirá de drenaje (ver apéndice 8, 9, 10 y figura 23 {2}) utilizar teflón.
- En la copla de salida de vapor del McD, instalar un manómetro de 0 a 300 psi o uno de mayor rango (ver apéndice 6, 7, 10 y figura 23 {3}) usar teflón.
- Colocar las 6 tortugas con sus sellos respectivos (ver apéndice 8, 10 y figura 23 {4}).
- En la copla de entrada de agua instalar un tapón macho con teflón (ver apéndice 7, 9, 10).
- En la copla de la purga, instalar una válvula de bola, una unión universal y una máquina hidrolavadora o una bomba que sean capaces de superar los 300psi utilizar teflón (ver apéndice 6, 7, 10).
- En la copla de agua del McD, ingresar agua con una manguera hasta que se llene la caldera totalmente; posterior a esto instalar un tapón macho utilizando teflón en cinta (ver apéndice 6, 7, 10).
- Con la hidrolavadora, elevar la presión lenta y constantemente, hasta llegar a las 300psi. Cerrar la válvula de bola y apagar la hidrolavadora (figura 23).
- Verificar si existen fugas en todos los cordones de soldadura y en los tubos de la caldera (ver 1.4.2.2 Inspección visual y 1.4.2.4 Verificación de fugas).

- Si existen, localizarlas, limpiar el área de la fuga, con la ayuda de una luz y una pulidora, desbastar el cordón de soldadura, hasta que se vea más claramente la fuga.
- Si la fuga es en los tubos, expandir los tubos que presentan la fuga.
- Eliminar la presión del agua dentro de la caldera y reparar las fugas; luego aumentar la presión nuevamente y verificar nuevamente las fugas.

Figura 23. Prueba hidrostática



Fuente: SEIME

- El proceso de verificación de fugas, eliminación de la presión, reparación y elevación de la presión, se repite hasta que ya no exista ninguna fuga.
- Cuando ya no existan fugas, dejar la caldera con una presión de 300 psi durante 24 horas (figura 23).
- Es normal que; debido al acomodamiento de las partes de la caldera, a la temperatura ambiente y a pequeñas fugas en los tapones y válvulas; la presión luego de 24 horas sea ligeramente inferior a la inicial, se verifica nuevamente la existencia de fugas; si las hay, se reparan; sino se elimina toda el agua y se prosigue la fabricación.

2.5.5 Cilindro de chimenea

- Rolar una plancha de acero al carbono de 35.6cm X 304.8cm X 0.8cm aproximadamente [14" X 10' X 5/16"] (ver apéndice 1, 5 b, 7 y figura 22, 24 {1}).
- Pulir la unión del cilindro interna y externamente, hasta separar la unión.
- Biselar ambos lados de la unión y la parte que será soldada al cilindro de la caldera.
- Biselar la parte del cilindro de la caldera que será soldada al cilindro de la chimenea.
- Nivelar la caldera (ver 1.4.2.3 Nivelación y figura 24) dejando el tubo del quemador hacia abajo (a 270°) y la unión del cilindro de la chimenea, hacia arriba (a 90°) (ver apéndice 5 c, 6, 7, 10).
- Separar los cilindros cerca de 0.3cm [1/8"] y nivelarlos uno respecto del otro.
- Soldar puntos de abajo hacia arriba (del centro del cilindro hacia los extremos), utilizando cuñas o guías.
- Soldar puntos en la unión del cilindro de la chimenea.
- Soldar a lo largo de toda la unión entre los cilindros, con electrodo E6010 y luego con E7018 de 1/8" por dentro y por fuera.
- Pulir la soldadura en busca de defectos; si existen repararlos.
- Rolar y cortar el tubo de la chimenea (ver apéndice 5 c, 6, 26 y figura 24 {2}).
- Fabricar el flange del tubo de la chimenea y del tubo del quemador (ver apéndice 5 c, 6 26 y figura 26 {1}).
- Marcar el agujero del tubo de la chimenea sobre la unión del cilindro.
- Soldar puntos en el límite exterior sobre el cilindro del corte a realizar.
- Cortar con equipo de oxiacetileno el agujero del tubo de la chimenea.
- Pulir el corte y biselarlo.
- Soldar la unión del tubo de la chimenea, utilizar E 6013 de 3/32".

Figura 24. Cilindro de chimenea



Fuente: SEIME

- Pulir la soldadura.
- Ajustar, alinear y nivelar el tubo de la chimenea en el cilindro y soldar un punto; alinear nuevamente y soldar otro punto en el extremo opuesto al primer punto de soldadura. Alinear una vez más y soldar otros dos puntos en los extremos sin soldar.
- Soldar la unión de del cilindro de la chimenea con E 6010 y luego E 7018 de ambos lados.
- Pulir la soldadura, revisar y reparar defectos si existieran.
- Verificar el ajuste del tubo y la alineación.
- Soldar la unión entre el tubo y el cilindro de la chimenea con E 7018 de 3/32" de ambos lados.
- Pulir la soldadura.
- Colocar y nivelar el flange en el tubo de la chimenea.
- Soldar un punto en un extremo de la unión.
- Nivelar el flange y soldar otro punto en la otra unión; nivelar una vez más y soldar otros puntos en los extremos.

- Verificar el ajuste y la nivelación, y soldar con E 7018 de 3/32" de ambos lados si es posible.
- Pulir la soldadura.
- Girar la caldera 180° e instalar el flange del quemador (ver apéndice 5 c, 6, 9, 10, 26 y figura 26 {1}).
- Cortar con oxiacetileno dos rectángulos de 10.16cm X 12.7cm [4" X 5"] de 1.27cm [1/2"] de espesor.
- Marcar con un punzón una distancia de 7.62cm [3"].
- Marcar una circunferencia de radio 3.175cm [1 1/4"] y una semicircunferencia de radio 5.08cm [2"] en el extremo.
- Cortar con oxiacetileno y pulir las orejas.
- Biselar la parte de la oreja en contacto con la caldera (2.54cm [1"]).
- Colocar las orejas de la caldera (ver figura 13, 24 {3}).
- Soldar con E 6010 y luego con E7018 de 1/8" toda la unión entre las orejas y la caldera.
- Pulir la soldadura.
- Colocar la caldera verticalmente (pararla).
- Con un montacargas mecánico o manual, mover la caldera hasta donde se encuentra el polipasto.

2.5.6 Base de caldera

- Fabricar la base de la caldera (ver apéndice 11 b, 24 y figura 25, 26).
- Cortar una lámina de acero al carbono de 137.16cm X 111.76 [54" X 44"] de 0.794cm [5/16"] de espesor.
- Doblar (ver 1.4.1.3 Doblado) en los extremos 12.7cm [5"] 90° hacia el mismo lado, para crear una base cuadrada de 111.76cm [44"] de lado por 12.7cm [5"] de alto.

Figura 25. Base



Fuente: SEIME

- Cortar dos triángulos isósceles de 16.51cm [6 ½"] de base, 11.91cm [4 11/16"] de altura y 0.794cm [5/16"] de espesor (figura 26 {4}).
- Cortar un rectángulo de 110.17cm [43 3/8"] de longitud, 11.91cm [4 11/16"] de altura y 0.794cm [5/16] de espesor.
- Rolar un anillo de 97.155cm [38 ¼"] de diámetro interior y 98.425 [38 ¾"] exterior, con una lámina de acero al carbono de 307.34cm X 7.62 [121" X 3"] de 0.635cm [1/4"] de espesor (figura 25).
- Colocar, alinear el rectángulo en el centro de la base de la caldera y soldar algunos puntos.
- Colocar los dos triángulos en los extremos del rectángulo, soldar algunos puntos.
- Verificar el ajuste y alineación del rectángulo y los triángulos y soldarlos con cordones en varios puntos de las uniones de ambos lados con E 7018 de 1/8".
- Colocar y ajustar el anillo, en la parte superior de la base y colocarle varios puntos de soldadura.

- Verificar que se encuentre en el centro de la base y que sea una circunferencia (no una elipse) y soldar con E 6010 y luego con E 7018 en la parte exterior.
- Pulir la soldadura y buscar defectos.
- Depositar una capa de 5.7cm [2 ¼"] de refractario (fibromix) en la base, dentro del anillo y esperar un día para que fragüe (figura 25).
- Colocar un anillo de lazo de fibra y refractario de asbesto en la orilla interna de la base, para sellar cualquier fuga de calor entre esta y la caldera.
- Levantar la caldera con el polipasto y varias cadenas, colocar la base debajo de la caldera.
- Alinear la base y la caldera.
- Bajar la caldera sobre la base y asegurar que este bien alineada.
- Colocar los sujetadores (ver apéndice 11 b, 25 y figura 26 {3}) alinearlos y soldarlos a la base y al cilindro de la caldera; luego atornillarlos.
- Pulir la soldadura.
- Fabricar 6 cilindros para los agujeros de las tortugas, de 17.78cm [7"] de diámetro 6.35cm [2 ½"] de largo con una lámina de 0.16cm [1/16"] de espesor (ver apéndice 11 a y figura 26 {2}, 27) tener cuidado de la curva de la caldera.
- Soldarlos con E 6013 de 3/32".
- Pulir las soldaduras.
- Cortar de una hembra de 5.08cm [2"] y 0.32cm [1/8"] 24 secciones de 6.03cm [2 3/8"] para el espaciador de en medio y 22 secciones para el de arriba.
- Rolar 3 anillos hechos de hembra de de 5.08cm [2"] y 0.32cm [1/8"] para un diámetro externo de 109.22cm [43"], de 343.12cm [135 1/16"] de longitud.
- Soldar un espaciador en la base de la caldera (ver apéndice 12 a y figura 26 {5}, 27), usar E 6013 de 3/32".

Figura 26. Caldera con su base



Fuente: SEIME

Figura 27. Espaciadores



Fuente: SEIME

- En el centro de la caldera, (116.84cm [46"] medidos desde arriba, hasta el centro de los espaciadores), soldar las 24 secciones a lo largo de toda la circunferencia, separadas 12.7cm [5"] entre si (ver figura 28 {1}).

- Soldar el anillo sobre los espaciadores (ver figura 27, 28 {1}).
- Cortar 33.02cm [13"] de longitud al tercer anillo (es la parte que ocupa el tubo de la chimenea).
- Soldar los 22 espaciadores a lo largo de toda la circunferencia de la caldera, 10.16cm [4"] por debajo de la parte superior de la caldera al centro de los espaciadores, separados 12.7cm [5"] entre si .
- Soldar el anillo sobre los espaciadores (ver figura 27, 28 {1}).

2.5.7 Tapadera

- Fabricar los 8 sujetadores de la tapadera utilizando un angular de 5.08cm [2"] y 0.635cm [1/4"] de espesor (ver apéndice 25) Se utilizan tornillos de 6.35cm X 1.27cm [2 ½" X ½"].
- Soldar los 8 sujetadores 1.27cm [1/2"] debajo del rostro del cilindro, usar E 6013 de 1/8" (ver apéndice 11 b y figura 28 {2}).

Figura 28. Sujetador de tapadera



Fuente: SEIME

- Hacer cortes en un lado de un angular de 1.27cm [1/2"] X 0.32cm [1/8'] X 303cm [119 ¼"] aproximadamente a 2.54cm [1"] uno del otro.
- Rolar el angular hasta formar un anillo.
- Soldar el anillo en la parte interna del cilindro de la chimenea al rostro de esta (figura 28 {3}).
- Pulir las soldaduras y limpiar la parte interior del cilindro de la chimenea.
- Fabricar la tapadera (ver apéndice 24 y figura 14).
- En medio de la tapadera, lleva refractario (fibromix).
- Limpiar completamente la caldera y pintarla (ver 1.4.1.4 Pintado).

2.5.8 Aislamiento térmico

- Limpiar la caldera.
- Colocar una capa de fibra cerámica (composición HPS, densidad 4lb / pie³ y grosor de 1 ½") (ver apéndice 13 a y figura 29 {1}).

Figura 29. Instalación de fibra



Fuente: SEIME

- Colocar una capa de fibra de vidrio (pipe insulation 850°F, aislamiento térmico para tubos de 454°C), sobre la capa de fibra cerámica (ver apéndice 13 b y figura 29 {2}).
- Construir un andamio alrededor de la caldera para colocar las capas de fibra en la parte superior (figura 29).
- Colocar lazo de fibra de 1.59cm [5/8"] en el anillo superior de la caldera (ver figura 28 {3}).
- Colocar la tapadera (ver apéndice 12 b).
- Pegar una cinta de lazo de fibra de 5.08cm X 0.32cm [2" X 1/8"] en los espaciadores (ver flecha figura 30 a).

2.5.9 Forro de lámina inoxidable

La lámina de acero inoxidable tipo espejo que se utiliza para cubrir y proteger a la caldera es de 0.5mm X 4' X 10'. En la figura 30 a, se puede apreciar la parte interna de la lámina, que refleja la fibra de vidrio; en la figura 30 b, se aprecia la otra cara de la misma lámina, con un protector plástico.

Figura 30. Lámina inoxidable



Fuente: SEIME

- Medir la distancia entre la base y la tapadera (88 ½" aproximadamente) sumar ¼" y cortar a esa distancia.
- Utilizar 3 láminas de acero inoxidable tipo espejo.
- Usar de guía el espaciador del centro, para medir las distancias a lo largo de la circunferencia.
- Medir desde la base hacia arriba.
- Marcar el centro del agujero.
- Distribuir la longitud angular de la circunferencia de la caldera entre las tres láminas de acero inoxidable.
- Una lámina debe de iniciar en el centro del quemador (figura 30).
- Medir los diámetros de los agujeros a cortar y aumentarles entre ¼" y ½" dependiendo del diámetro.
- Doblar a las tres láminas ¼" (extra) hacia adentro, este doblez estará en la parte inferior de la lámina.
- Cortar y verificar cada una de las tres láminas, si coinciden en los agujeros y en los traslapes.

Figura 31. Ajuste de lámina inoxidable



Fuente: SEIME

- Realizar un doblado de forma semicircular, o vena a lo largo de los traslapes y en la parte superior de las láminas, con una venadora, que por medio de unos rodillos ajustables puede doblarse con este perfil.
- Colocar las láminas en su lugar, con eslingas ajustables (figura 31) en un punto de traslape, una a una se ajustan las eslingas hasta que las dos láminas del traslape, lleguen a su posición final.
- Con cada ajuste de las eslingas, verificar el ajuste y alineamiento de las láminas respecto de los agujeros.
- Barrenar agujeros de 1/8" a lo largo del traslape, para unir ambas láminas, aproximadamente a 3" uno del otro y colocar un tornillo inoxidable buscarroca de 3/8" X 1/2".
- Mover las eslingas a otro traslape y repetir el procedimiento.
- Al terminar de instalar la lámina (ver apéndice 14 a) se retiran las eslingas.
- Cortar las tapaderas de lámina inoxidable (ver apéndice 23).
- Doblar las orillas interna y externa con una venadora para darle mayor rigidez a la tapadera.
- Colocar la tapadera en su lugar específico.
- Barrenar entre 4 y 8 agujeros de 1/8" en los extremos de la tapadera y colocar un tornillo inoxidable buscarroca de 3/8" X 1/2".
- Repetir el procedimiento para todas las tapaderas.
- El diámetro interior de las tapaderas, puede variar de los planos del apéndice 23, ya que depende del diámetro exterior del *nipple* o tubo al que corresponde dicha tapadera.
- En la figura 32 se puede ver una caldera con la lámina y las tapaderas de acero inoxidable instaladas; este es el cuerpo principal de la caldera, el resto de equipos son secundarios, aunque indispensables para su buen, correcto y seguro funcionamiento.

Figura 32. Caldera sin equipos ni accesorios



Fuente: SEIME

- 1 Tubo del quemador.
 - 2 Tortuga.
 - 3 Salida de vapor.
 - 4 Salida para válvula de seguridad.
- Fabricar la base del tablero utilizando un angular de 2.54cm [1"] X 0.32cm [1/8"]; las medidas al centro del angular son 104.8cm [41 ¼"] de alto, 38.1cm [15"] de ancho y 6.35cm [2 ½"] de separación entre la caldera y el tablero.
 - Barrenar 4 agujeros de 0.95cm [3/8"] para instalar la base del tablero entre el espaciador central y el superior.
 - Pintar la base e instalarla, utilizar tornillos buscarroca de 1.6cm [5/8"] X 3.81cm [1 ½"] (ver apéndice 15 a).
 - Marcar los agujeros del tablero en la base y barrenarlos 1.27cm [1/2"].
 - Instalar el tablero con 4 tornillos completos (tornillo, tuerca, roldana, roldana de presión), de 0.95cm [3/8"] (ver apéndice 15 b y figura 9, 33) lo más bajo posible, sobre la base del tablero.

- Instalar los equipos del tablero (ver figura 21 a); el puente eléctrico {1}, la base para el controlador del quemador {2}, el control de presión derecho {3} (el izquierdo es opcional), el contactor para la bomba de agua {4}, los interruptores {5}, las luces indicadoras {6} y la base para la canaleta para los cables eléctricos.
- Cablear internamente el tablero (ver anexo 2), entre el puente, el control del quemador, el contactor, las luces, los interruptores y el control de la presión de trabajo.
- Por medio de tres agujeros, entran y salen los cables eléctricos (ver figura 21 {flechas}); en el superior, entrada de la corriente y salida para el control de la bomba de agua; el inferior, para el quemador y el lateral, para el McDonnell.
- Se preparan los equipos, válvulas y accesorios que serán instalados; así como de las herramientas y suministros necesarios para su instalación.

2.6 Instalación de válvulas y equipos secundarios

Figura 33. Instalación de válvulas



Fuente: SEIME

En la figura 33 se observa la instalación de la válvula de bola, que se encuentra en la salida de vapor, se utiliza una llave de cadena, ya que debido al diámetro del accesorio, una llave convencional no puede utilizarse; en la instalación de las válvulas y accesorios, se utiliza una capa fina de teflón líquido y entre 5 y 10 capas de teflón de cinta; todas las válvulas y accesorios, deben de quedar alineados, nivelados y estar en ángulo recto (90°) o plano (180°).

En la figura 34 se aprecian dos fotografías de las válvulas y accesorios necesarios para la instalación del McDonnell (ver figura 20) en su parte superior; los *nipples* a instalar, deberán ser lo suficientemente cortos, para no exceder la altura de la caldera; pero suficientemente largos para poder ajustarlos con las llaves adecuadas; así también tomar muy en cuenta que la altura del McD es de 175.26cm [69"], tomándola desde la base de la caldera, hasta la línea de este (ver apéndice 4 b y figura 35 {flecha}).

Figura 34. Instalación del McDonnell



Fuente: SEIME

- 1 McDonnell & Miller Serie 157 S.
- 2 Unión universal o americana de 1" HN.
- 3 Cruz de 1" HN.
- 4 Codo 90° radio corto de 1" HN.
- 5 Tee de 1" HN.
- 6 Reductor bushing de 1" a ½" HN.
- 7 Tee de ½" HN.
- 8 Tee de ½" HN, tapón macho de ½" HN, reductor bushing de ½" a ¼" HN.
- 9 Lira de protección (figura 16).
- 10 Reductor bushing de 1" a ¼" HN.
- 11 Válvula de bola de 1/4".
- 12 Manómetro de 0 – 300psi conexión baja de ¼" NPT cuerpo de acero de 4 ½" carátula de policarbonato.
- 13 Reductor bushing de ½" a 3/8" HN.
- 14 Conector en escuadra con rosca NPT de 3/8" con tuerca flare abocinada y tubo de cobre de 3/8" se necesita otro conector en el otro extremo del tubo.
- 15 Tapón macho de 1" HN.

Se deberá compartir la longitud de los *nipples*, para que el accesorio o válvula queden centrados entre otras válvulas o accesorios.

La lista anterior se refiere a todas las válvulas y accesorios que se necesitan para instalar el McD, en su parte superior; en estas uniones, se deberá emplear teflón líquido y en cinta para evitar fugas.

En la figura 35 se muestran las válvulas y accesorios que requiere el McD para su correcto funcionamiento, además la flecha indica la marca sobre el McD para medir la distancia de altura de este, con respecto de la base; esta marca, coincide con el nivel de agua normal de operación de la caldera.

Figura 35. Tubería del McDonnell



Fuente: SEIME

- Flecha Altura del McD (nivel de agua normal de operación).
- 1 McDonnell & Miller.
 - 2 Unión universal de 1" HN.

- 3 Cruz de 1" HN.
- 4 Tapón macho de 1" HN.
- 5 Válvula de bola de 1".
- 6 Codo de 90° radio corto de 1" HN.
- 7 Reductor bushing de 1 ¼" a 1" HN.
- 8 Tee de 1 ¼" HN.
- 9 Unión universal de 1 ¼" HN.
- 10 Codo de 90° radio corto de 1 ¼" HN.
- 11 Tapón macho de 1 ¼" HN.
- 12 Válvula de bola de 1 ¼".

En la entrada de agua (ver figura 18), se instalan (de la caldera hacia afuera) una tee de 1" HN, un tapón macho de 1" HN, una válvula de bola de 1", dos válvulas de retención angular (cheques) de 1" y una unión universal de 1" HN. Luego de la instalación de todas las tuberías, se pintan con pintura negra anticorrosiva.

Se instala el quemador (ver figura 19), utilizando flange incorporado, nivelándolo, alineándolo y ajustándolo debidamente.

Conectar el tablero con el quemador por medio de tubería BX para cables eléctricos e introducir en esta tubería, 8 cables calibre 16 AWG y 3 cables calibre 12 AWG de diferentes colores con una longitud suficiente para conectar el quemador con los equipos del tablero de instrumentos.

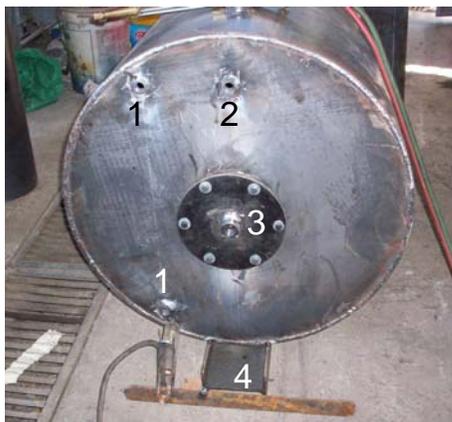
Conectar el tablero con el McD por medio de tubería BX para cables eléctricos, e introducir en esta tubería 5 cables calibre 16 AWG de diferentes colores con una longitud suficiente para conectar el quemador con los equipos del tablero de instrumentos.

Realizar las conexiones eléctricas según el plano que se muestra en el anexo 2; los 3 cables que conectan el puente, el contactor del motor del quemador y el motor del quemador son calibre 12 AWG.

2.7 Fabricación del tanque de condensado

- Rolar una plancha de acero al carbono de 121.92cm X 243.84cm X 0.476cm aproximadamente [4' X 8' X 3/16"] (ver apéndice 16 y figura 36) para el cilindro del tanque.
- Cortar 2 círculos de 76.835cm [30 ¼"] de diámetro y de 0.635cm [1/4"] de espesor (ver apéndice 16) para las tapaderas.
- Pulir la unión del cilindro hasta dejar una ranura, tanto interior como exteriormente.

Figura 36. Fabricación del tanque de condensado



Fuente: SEIME

- 1 Media copla de ½" para tubo de nivel.
- 2 Media copla de ½" para termómetro.
- 3 Flange ciego del flote, con copla completa de ¾".
- 4 Base para la nivelación durante la fabricación.

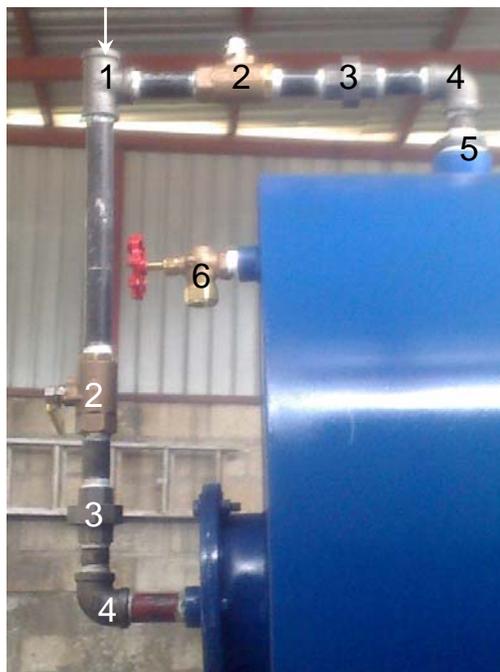
- Soldar toda la unión en el cilindro, interior y exteriormente; utilizando inicialmente electrodos E 6010 para penetrar y luego E 7018 para finalizar (rematar), ambos electrodos de 1/8" de diámetro.
- Pulir o desbastar todo el cordón de soldadura, verificando la existencia de cualquier tipo de defecto de soldadura.
- Pulir y biselar las tapaderas del tanque.
- Colocar, alinear, nivelar las tapaderas (una a una) y soldar puntos entre estas y el cilindro del tanque.
- Marcar y cortar los tres agujeros para las medias coplas de 1 ¼" en la unión de la soldadura del tanque (ver apéndice 16).
- Verificar la alineación y ajuste de las tapaderas en el tanque.
- Soldar las tapaderas iniciando con E 6010 y finalizando con E 7018.
- Pulir las soldaduras verificando defectos.
- Marcar todos los agujeros restantes (ver apéndice 16). La soldadura de la unión del cilindro, debe quedar en la parte superior del tanque.
- Rectificar las marcas de los agujeros y cortarlos.
- Cortar 4 coplas de 1 ¼" y 2 coplas de ½" por la mitad y pulir el corte.
- Pulir o amolar los agujeros, hasta que las medias coplas puedan instalarse.
- Cortar una sección de 4.445cm [1 ¾"] de longitud de un tubo de 15.24cm [6"] de diámetro interior.
- Cortar 2 flanges de 22.86cm [9"] de diámetro externo y 0.635cm [1/2"] de espesor, uno que pueda unirse a la sección de tubo de 6", cortada anteriormente, y otro ciego con una copla entera de ½" en el centro del flange (ver apéndice 16 y figura 36).
- Hacer 6 agujeros de 0.8cm [5/16"] a los flanges (ver apéndice 16 y figura 36).
- Nivelar el tanque (ver 1.4.2.3 Nivelación).
- En la figura 7 se observa un tanque de agua con los cortes hechos, nivelado y listo para el siguiente paso.

- Instalar las medias coplas, con la ayuda de un *nipple* para evitar la deformación de la copla y que las salpicaduras se depositen en la rosca.
- Nivelar y alinear todas las coplas, teniendo cuidado de soldarlas primero con puntos en los extremos; dejándolas a escuadra y a la misma altura una respecto de la otra.
- Soldar con E 7018 de 1/8" toda la unión de las coplas.
- Pulir y buscar defectos de soldadura.
- Alinear y soldar la sección de tubo de 6" con el flange.
- Soldar toda la unión con E 7018 de 1/8"; de ambos lados.
- Pulir las soldaduras y buscar defectos.
- Alinear, ajustar y nivelar la sección del tubo con la tapadera del tanque, teniendo cuidado de alinear los agujeros del flange respecto de un eje y que quede paralelo a la tapadera.
- Soldar la unión entre la sección de tubo y la tapadera con E 7018 de 1/8".
- Pulir la soldadura y buscar defectos.
- Instalar el flange ciego en el tanque, con un empaque de asbesto entre ambos.
- Tapar todas las coplas con tapones, dejando solo una de las superiores libre y llenar el tanque con agua, para verificar si existen fugas; si existen se reparan, sino vaciar el tanque y se proceder con la fabricación.
- Fabricar la base del tanque, siguiendo los planos que aparecen en el apéndice 17.
- Soldar las bases semicirculares con cordones largos; no es necesario soldar toda la unión; se utiliza E 6013 de 1/8" (ver apéndice 17).
- Soldar inicialmente los tubos que forman las bases (patas) y luego soldarlos al tanque (ver figura 38); usar E 6013 de 3/32".
- Soldar los dos tubos restantes que unen ambas bases tubulares, donde se colocara la plancha de metal a una altura de 29.21cmcm [11 ½"] (ver apéndice 17, 18); usar E 6013 de 3/32".

- Colocar la plancha de metal (donde se instalara la bomba de agua), soldarla con pequeños cordones con E 6013 de 3/32”.
- “Parar” el tanque.
- Soldar las platinas en la base de los 4 tubos, tener cuidado de la orientación y posición de los agujeros.
- Pulir todas las soldaduras y eliminar toda la escoria y salpicaduras que pudiera tener el tanque.
- Limpiar el tanque y pintarlo; inicialmente con pintura base y luego con pintura anticorrosiva o *Fast Dry* (ver 1.4.1.4 Pintado). El tanque esta terminado (ver apéndice 18).
- Se instalan los accesorios, válvulas y equipos secundarios en el tanque de condensado (ver figura 37, 38 y 39).

2.8 Instalación de equipos secundarios del tanque

Figura 37. Entrada de agua



Fuente: SEIME

- Flecha Entrada de agua.
- 1 Tee de $\frac{3}{4}$ " HN.
 - 2 Válvula de bola de $\frac{3}{4}$ ".
 - 3 Unión universal de $\frac{3}{4}$ " HN.
 - 4 Codo de 90° radio corto de $\frac{3}{4}$ " HN.
 - 5 Reductor bushing de 1 $\frac{1}{4}$ " a $\frac{3}{4}$ " HN.
 - 6 Llave para tubo de nivel.

En la figura 37 y 38 se pueden apreciar las diferentes válvulas y accesorios a instalar en el tanque de condensado de agua, para el corte de *nipples* y tubos utilizar roscadora eléctrica (ver 1.4.1.6 Roscado), siempre usa teflón en cinta para la instalación de toda la tubería del tanque de agua; no es necesario el teflón líquido. Generalmente la unión universal, es la última que se instala en toda tubería.

Figura 38. Rebalse y purga



Fuente: SEIME

- 1 Reductor bushing de 1 ¼" a ¾" HN.
 - 2 Válvula de bola de ¾".
 - 3 Codo de 90° radio corto de ¾" HN.
 - 4 Unión universal de ¾" HN.
 - 5 Tee de ¾" HN.
- Flecha Base del tanque de agua.

Se centra la bomba de agua en la base del tanque, se nivela y alinea, se sujeta con 4 o 6 tornillos completos.

Tener cuidado de la posición y dirección en la que se instala el filtro de agua, ya que algunas válvulas funcionan en cualquier dirección y algunas otras en una dirección o sentido específico (ver figura 39).

Figura 39. Conexión a bomba de agua



Fuente: SEIME

- 1 Reductor bushing de 1 ¼" a ¾" HN.
 - 2 Válvula de bola de ¾".
 - 3 Codo de 90° radio corto de ¾" HN.
 - 4 Filtro de ¾" HN.
 - 5 Unión universal de ¾" HN.
 - 6 Tee de ¾" HN, reductor bushing de ¾" a ¼", manómetro de 0–300 psi.
- Flecha Salida de agua a caldera.

Se instalan un tapón macho de 1 ¼" en las medias coplas centrales del tanque; y en la copla superior que no tiene tapón, se instala un respiradero; luego, se pinta toda la tubería.

Se instala el termómetro que es de 10 – 200°C (50 – 400°F), el diámetro de la carátula es de 3", con conexión trasera de ½" NPT; su funcionamiento es bimetalico. El tubo de nivel se instala en el lugar de operación (ver figura 40).

Figura 40. Tanque terminado



Fuente: SEIME

2.9 Fabricación de la chimenea

- Rolar 6 tubos con lámina de 121.92cm X 95.89cm X 0.238cm [4' X 37 ¾" X 3/32"] (ver apéndice 19 y figura 41); para obtener tubos de 30.48cm [1'] de diámetro. Pueden ser más o menos, dependiendo de la altura total de la chimenea que se desea. Generalmente son 609.6cm [20'] de longitud total.
- Fabricar 5 flanges para la chimenea y uno más ciego con media copla de ½" en el centro (ver apéndice 19, 26).
- Cortar una sección de un tubo, para fabricar la parte de la tubería de la chimenea que se unirá a la caldera (ver apéndice 19 y figura 41 {1}), la sección sobrante, se utiliza también para la fabricación del tubo de la chimenea que esta soldada a la chimenea (ver apéndice 5 c, 6, 26 y figura 24 {2}).
- Rolar el bota aguas y el separador de la chimenea (ver apéndice 20 y figura 41 {4, 5}).
- Fabricar el sombrero chino (ver apéndice 21 y figura 41 {3}).
- Rolar el cincho del sombrero usando una hembra de 5.08cm [2"] de 0.32cm [1/8"] de espesor (ver apéndice 20).
- Cortar 3 secciones de 64cm [25 7/32"] de longitud de un angular de 2.54cm [1"] para los soportes (ver apéndice 20).
- Cortar 3 topes de 2.54cm [1"] de una varilla circular lisa o de un angular de 0.95cm [3/8"] (ver apéndice 20).
- Soldar todas las uniones de los tubos de la chimenea con E 6013 de 3/32" y soldar dos secciones de dos tubos cada una (ver figura 41 {2}).
- Soldar la sección de tubo al tubo inicial de la caldera (ver apéndice 19 y figura 41 {1}).
- Soldar los flanges en las tuberías de la caldera (ver apéndice 19).
- Soldar los soportes, el cincho y los topes al sombrero (ver apéndice 19, 20).
- Pulir todas las soldaduras y pintar toda la chimenea.

Figura 41. Chimenea



Fuente: SEIME

- 1 Tubo de chimenea unido a la caldera (único).
- 2 Tubos de chimenea (varios).
- 3 Sombrero chino (único).
- 4 Bota aguas (único).
- 5 Separador (único).

Para la fabricación del sombrero chino, se utiliza una lámina de 0.32cm [1/8"] de grosor; se selecciona el diámetro final y altura del sombrero (ver apéndice 21) (para este ejemplo tomamos el tercero).

Se corta y pule un círculo de 82.1cm [32 5/16"], se marca un círculo (no se corta) de 33.7cm [13 3/4"]; se divide en 48 secciones iguales, se marcan las divisiones 1, 4, 11, 26, 41.

Se cortan y pulen las marcas 1 y 4 (total 25°); se doblan ligeramente todas las marcas restantes, hasta que las marcas 1 y 4 se unan; se suelda la unión y se obtiene un sombrero de 76.2cm [30"] de diámetro y 15.2cm [6"] de alto.

El círculo que se marcó anteriormente, ahora es de 30.48cm [12"] y las marcas 11, 26 y 41 dividen el sombrero en 3 partes iguales; en las intersecciones entre estas marcas y el cilindro, se coloca los soportes para el sombrero, el cincho y los topes.

2.10 Prueba eléctrica

Para realizar la prueba eléctrica, deben de estar todas las conexiones hechas, excepto las de combustible, de la caldera a la bomba, las de agua.

- Los interruptores deben encontrarse en APAGADO Y FUEGO 1.
- Conectar corriente 120 V; enciende luz verde 120 VOLTIOS.
- Encender caldera con interruptor en ENCENDIDO; corte del quemador por falta de agua; enciende luz roja FALTA AGUA.
- Simular el nivel de agua, reiniciar la secuencia; encienden luces amarillas DEMANDA e IGNICIÓN, luego de 5s, enciende luz amarilla de VÁLVULA 1.
- Hacer un puente en la foto celda; apaga luz amarilla de IGNICIÓN.
- Conectar FUEGO 2, se enciende luz amarilla de VÁLVULA 2.
- Simular presión máxima de trabajo; apaga quemador y luz amarilla VÁLVULA 1 y 2.
- Eliminar la presión máxima de trabajo y mover el interruptor a FUEGO 1; se enciende el quemador y VÁLVULA 1.
- Repetir el proceso, alternando las diferentes pruebas y verificando además del funcionamiento de las luces, del funcionamiento de los equipos secundarios y ajustarlos para su debida operación.

3. MONTAJE E INSTALACIÓN

3.1 Cimentación e infraestructura adecuada

La cimentación (ver 1.3.4.1 Cimentación) es la parte de una estructura utilizada para apoyar la superestructura en su emplazamiento y a la vez transmitir al suelo la totalidad de las fuerzas. Por tal razón, y ya que se presentan movimientos únicamente estáticos, la cimentación que se requiere para el montaje e instalación de la caldera y sus equipos, deberá soportar únicamente el peso de estos y de los líquidos y materiales para su operación y funcionamiento (ver figura 42).

Figura 42. Antes de la instalación



Fuente: SEIME

La infraestructura requerida, será la necesaria para la correcta operación de la caldera; como el acceso a la energía eléctrica requerida, para depositar el combustible, al agua de alimentación, a la distribución eficiente del vapor, para la correcta recuperación del condensado y un ambiente despejado para el escape de los gases de combustión (ver figura 42).

3.2 Transporte

Para la movilización de la caldera dentro de la fábrica, de esta al vehículo de transporte (grúa) y de este al lugar final del montaje y su instalación, se utilizan montacargas (ver figura 43).

Figura 43. Movilización de la caldera



Fuente: SEIME

Para el traslado de la caldera y sus equipos al lugar del montaje, se utilizan vehículos especiales para el transporte de maquinaria, además se utilizan cadenas, lazos y eslingas para sujetarlos (ver figura 44).

Figura 44. Transporte



Fuente: SEIME

Durante el traslado, se quita el quemador y se transporta por separado en un lugar seguro, se marcan los cables que se desconectan.

3.3 Montaje

Para el montaje se deberá de tomar en cuenta la correcta posición de los equipos unos respecto de los otros; además de una correcta ventilación; que exista un buen acceso a la toma de agua, a la conexión eléctrica, a la conexión de la tubería de vapor con el múltiple de distribución (manifold), al tanque de combustible; que sean legibles los diferentes instrumentos de medición (termómetros, manómetros, tubos de nivel, luces, etc.).

Nivelar y alinear todos los equipos; dejándolos sujetos firmemente al suelo y que el nivel del McD (ver figura 35), coincida con el centro del flote del tanque de condensado (ver apéndice 18).

3.4 Instalación

Para la instalación, todos los equipos deberán estar montados en su lugar final de operación, y se conectaran por medio de tuberías de iguales características utilizadas para la fabricación de la caldera o el tanque de condensado; siguiendo los procedimientos mencionados durante su fabricación (ver 1.4.1.1 Corte de tubos y materiales; y 1.4.1.6 Roscado).

Conectar desde la salida de la bomba de agua del tanque de condensado, hasta la entrada del agua de alimentación a la caldera; en la salida de la bomba instalar una unión universal y los accesorios necesarios. En la figura 45 se muestra la instalación de la tubería de la purga de la caldera a la tubería de drenaje principal (en esta foto se aprecian 2 tuberías de purga).

Figura 45. Instalación de tuberías



Fuente: SEIME

En la figura 46 se muestra la forma de anclar (ver 1.3.4.2 Anclajes) o asegurar la tubería a la superficie; se utiliza un soporte y una abrazadera para sujetar firmemente la tubería. Se aprecia también una unión universal próxima al anclaje.

Figura 46. Soporte de tubería



Fuente: SEIME

Se mide el lugar en el techo, en donde pasara la tubería de la chimenea; y se corta un agujero circular en el que quepa el separador de la chimenea (ver apéndice 20, y figura 41, 47 {1}, 48 {1}); se instala el separador, con la ayuda de 2 soportes o tirantes que van sujetos a la estructura del techo (ver figura 47 {1}).

Figura 47. Separador de chimenea



Fuente: SEIME

En la parte superior del techo entre este y el separador (figura 48 {1}) se sellan todos los espacios que quedaron, debido al corte y a la instalación del separador, con cemento, fibra de vidrio o un sellante epóxico para evitar fugas o goteras de agua. Se instala el resto de tubos de la chimenea, teniendo cuidado de no olvidar el bota aguas (ver apéndice 20, 22 y figura 41 {4}, 48 {2}) al momento de la instalación de los tubos.

Figura 48. Bota aguas



Fuente: SEIME

Se instala el bota aguas, ligeramente separado del separador, para evitar golpes o roces indirectos de la chimenea con el techo; se unen el tubo de la chimenea con el separador, con algunos puntos de soldadura y luego se aplica un epóxico sellante en toda la unión para evitar fugas de agua; (ver figura 48 {2}).

Se instala el resto de tubos de la chimenea junto con el sombrero (ver apéndice 22) y por medio de 3 ó 4 alambres se tensa y sujeta firmemente la chimenea al techo o al suelo.

Figura 49. Tuberías de vapor



Fuente: SEIME

- 1 Tubo de vapor que proviene de la caldera SEIME.
- 2 Tubo de otra caldera.
- 3 Múltiple de distribución (manifold).
- 4 Tubo de salida de vapor.
- 5 Unión universal.
- 6 Válvula de compuerta (tubo 2 y 4) y de bola (tubo 1).

Se instala la tubería del vapor entre la caldera y el múltiple de distribución (*manifold*) (ver figura 49 {3}). El diámetro de esta tubería, debe de ser igual al diámetro de la tubería de salida de vapor de la caldera [3"]. En la salida de vapor se instala una unión universal; al final una unión universal y una válvula de bola (ver figura 49 {5, 6}).

En la figura 49 puede apreciarse que la distancia entre la caldera y el *manifold* es corta, por lo que no es necesaria la instalación de una trampa de vapor, tampoco que la tubería se instale con cierto grado de inclinación. Se observa que todas las tuberías están paralelas y los dobleces o curvas se encuentran en ángulo recto.

Cuando se instalan las tuberías de vapor, deberán tener una inclinación aproximada del 1% en el sentido de flujo o de 2.54cm [1"] por cada 670cm [22']. Los apoyos o soportes (ver figura 47 {3}, 49, 51), deberán estar espaciados entre 3 y 4.6m [100' y 150']; mientras más delgada es la tubería, menor será el espacio entre los sujetadores y viceversa.

Las trampas de vapor deberán instalarse convenientemente a una cierta distancia que permita el recuperado del condensado, así como en los cambios de nivel, en los cambios de dirección, antes de la toma para un equipo que utiliza el vapor y en las ramificaciones que no estén en uso. Las trampas deberán de instalarse a una tubería de recuperado de condensado.

Existen diferentes tipos de trampas y su selección dependerá, del costo de la trampa, de la cantidad de vapor, del tipo de instalación, de sus ventajas y desventajas, de la disponibilidad de la trampa; no existe la trampa perfecta para cada aplicación; por lo que la práctica, experiencia y costo son los que determinan finalmente el tipo de trampa a utilizar.

Figura 50. Instalación de cañuelas



Fuente: SEIME

En la figura 50 se observa la instalación de las cañuelas de fibra de vidrio en las tuberías que transportan el vapor, que reducen las pérdidas de calor en estas; luego de las cañuelas, se instala un forro de lámina de aluminio para su protección. Cuando se instalan las cañuelas, tener cuidado de protegerse bien, ya que puede producir alergia al contacto, provocando picazón e hinchazón en el área de contacto

Figura 51. Toma de vapor



Fuente: SEIME

En la figura 51 se aprecia un soporte de la tubería sujeta por debajo y a un costado; además que todas las tomas de vapor, se hacen en la parte superior de la tubería y nunca de la inferior; tan solo las trampas de vapor, se conectan en la parte inferior de las tuberías de vapor. Al final de una línea o ramificación y antes de la conexión a un equipo, se recomienda la instalación de una trampa de vapor.

Figura 52. Alimentación de agua



Fuente: SEIME

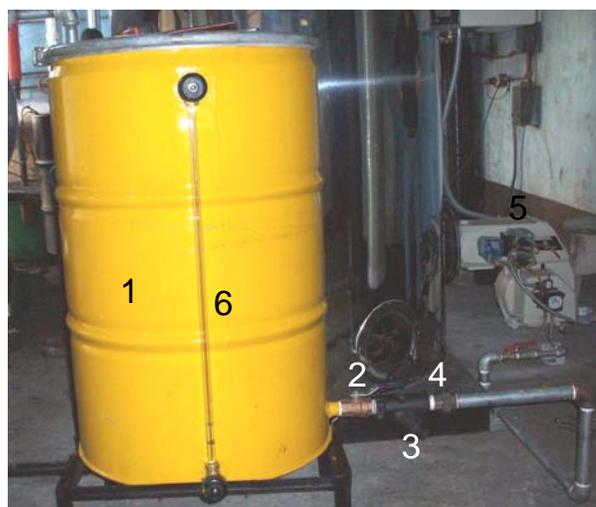
- 1 Bomba de agua.
- 2 Tratamiento de agua.
- 3 Tratamiento de agua.
- 4 Tubería de tanque a bomba.
- 5 Manómetro de 0 – 300 psi.
- 6 Tubería de bomba a caldera.
- 7 Caldera.
- 8 Tubería de rebalse y purga.
- 9 Tubería para conexión eléctrica.

En la figura 52 se observa el sistema de tratamiento de agua de alimentación de la caldera; (para este caso es **Cuno Water Treatment, Comm sostener 4.0 cu ft 1 skid, 1BTKS2450 Brine tank, 4 H-10B Hi-cap resin, 1 qc-25 ¼ X 1/8 granel**); el adecuado tratamiento deberá ser proporcionado por una persona o empresa especializada, dependiendo del tipo de agua existente y del tipo de agua que se requiere. El tipo de agua recomendada para este tipo de calderas, deberá cumplir con una cantidad menor a 2,000 TPS y a un Ph entre 9.5 y 11.5.

Al tratamiento de agua (suavizador), llega el agua sin tratar; luego este lo envía al tanque de condensado y luego a la caldera por medio de la bomba del tanque. El tanque opera por medio de un panel eléctrico de control, cuyos planos aparecen en el anexo 1.

La conexión de la tubería entre la salida de la bomba y la entrada de agua en la caldera, se instala una unión universal cerca de la bomba.

Figura 53. Tanque de combustible

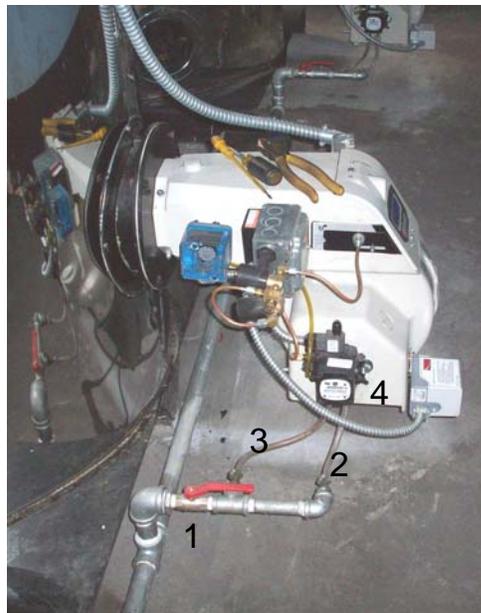


Fuente: SEIME

- 1 Tanque de combustible (diesel).
- 2 Válvula de bola.
- 3 Filtro.
- 4 Unión universal.
- 5 Quemador.
- 6 Tubo de nivel.

En la figura 53 se aprecia el tanque de combustible (diesel), esta montado sobre una base cuadrada 30.48cm [1'] arriba del suelo, utilizando un angular de 2.54cm [1"]. Este tanque tiene 2 agujeros en la parte superior, uno para la adición del diesel y otro para el respiradero; un agujero en la parte inferior, para el drenaje o purga; dos agujeros en la parte frontal para la instalación del tubo de nivel {6}; y uno más a un costado muy cerca de la base, que es la salida del combustible para el quemador {2}. En la salida del combustible tiene una válvula de bola, un filtro y una unión universal.

Figura 54. Línea de combustible



Fuente: SEIME

- 1 Válvula de bola.
- 2 Línea de combustible (admisión).
- 3 Línea de combustible (retorno).
- 4 Bomba de combustible.

En la figura 54 se muestra la instalación típica de la tubería de combustible conectada al quemador de la caldera. Al fondo de la imagen, puede observarse otro quemador conectado a la misma línea de combustible.

Figura 55. Instalación finalizada



Fuente: SEIME

En la figura 55 se muestra la instalación finalizada de las calderas con todos sus equipos, la pared que los protege permite una adecuada ventilación; y las chimeneas (que se salen del cuadro), envían los gases de la combustión lejos de las instalaciones. Comparar con figura 43.

4. PUESTA EN MARCHA

4.1 Revisión de niveles de líquidos

- Limpiar todos los equipos y componentes, así como las tuberías.
- Llenar la caldera, hasta el nivel de agua normal de operación (ver figura 57 {9}), cerrar todas las válvulas excepto la de entrada de agua (ver figura 57 {10}, {12}, {11}), para elevar la presión del aire contenido dentro de la caldera para poder verificar fugas en las tuberías; si no existen, abrir todas las válvulas por un instante para eliminar todo el aire posible y la suciedad contenida dentro de la caldera.
- Se puede optar por el llenado de la caldera con las válvulas abiertas desde un principio para evitar el aumento de la presión del aire.
- Verificar la suficiente cantidad de diesel (ver figura 56 {1}), tanto para arranque como para operación; llenar las tuberías y la bomba del quemador con diesel eliminando cualquier cantidad de aire o suciedad.

Figura 56. Nivel y válvulas del combustible



Fuente: SEIME

4.2 Puesta en servicio de la caldera

Figura 57. Puesta en servicio



Fuente: SEIME

- Verificar la conexión y corriente adecuada entre la toma de corriente y el panel de control.
- Verificar niveles y cantidades de líquidos necesarios (ver figura 56 {1} y 57 {9}).

- Las válvulas de purga deberán estar cerradas (ver figura 57 {12}), la de la entrada de agua abierta (ver figura 57 {11}), la del suministro de combustible abierta (ver figura 56 {2}), la de la salida de vapor abierta (ver figura 57 {10}).
- Verificar con un multímetro, los voltajes correctos en todos los sistemas eléctricos de la caldera.
- Los interruptores del tablero deberán estar en APAGADO y FUEGO 1 (ver figura 57 {7}, {8}).
- Conectar la corriente eléctrica, se enciende 120 VOLTIOS (ver figura 57 {1}).
- Encender la caldera, mover interruptor a ENCENDIDO (ver figura 57 {7}).
- Se deberán de encender las luces DEMANDA e IGNICIÓN (ver figura 57 {2}, {3}).
- Luego de 5s se enciende luz VÁLVULA 1 (ver figura 57 {4}).
- Al detectar la llama, se activa la foto celda y se apaga luz IGNICIÓN (ver figura 57 {3}).
- Mover interruptor a FUEGO 2 (ver figura 57 {8}) y se enciende VÁLVULA 2 (ver figura 57 {5}), volver a FUEGO 1 (ver figura 57 {8}) y se apaga VÁLVULA 2 (ver figura 57 {5}). Durante el resto del proceso del arranque inicial, se mantiene en FUEGO 1.
- Mantener FUEGO 1 o fuego bajo, para que el calentamiento sea gradual y un proceso lento para proteger a la caldera y sus componentes.
- Luego de un par de minutos, cerrar la válvula de la salida de vapor (ver figura 57 {10}).
- Abrir la válvula de la salida de vapor lentamente para que el vapor fluya muy despacio y así evitar choques térmicos en la tubería (ver figura 57 {10}).

4.3 Revisión de fugas

Se verifican todas las tuberías y uniones en busca de fugas o pérdidas.

4.4 Revisión de los sistemas de seguridad

- Abrir las válvulas de purga (ver figura 57 {12}), para eliminar una parte del agua de la caldera, para comprobar el corte de funcionamiento por falta de agua. Siempre deberá verse el nivel de agua en el tubo de nivel del McD (ver figura 57 {9}).
- Reiniciar el quemador y el McD y deberá encenderse la bomba de agua.
- Cuando alcance la presión máxima de trabajo, se apaga VÁLVULA 1 (ver figura 57 {4}).
- Eliminar la presión del vapor por medio de la salida de vapor (ver figura 57 {10}) y observar en el manómetro, la presión a la cual el quemador empieza a funcionar nuevamente; se enciende IGNICIÓN y VÁLVULA 1 (ver figura 57 {3}, {4}), segundos después se apaga IGNICIÓN (ver figura 57 {3}).

CONCLUSIONES

1. La empresa SEIME presta diferentes servicios industriales; las calderas son máquinas para producir vapor que necesitan una buena cimentación y montaje adecuado para su operación normal.
2. El manual de procedimientos es una herramienta fundamental para la fabricación de la caldera, del tanque de condensado y sus accesorios, así también para la instalación de equipos secundarios y del cableado eléctrico.
3. La guía de referencia rápida es una gran ayuda que facilita el montaje y la instalación de la caldera y sus equipos secundarios en el lugar de trabajo que transportan el vapor hasta el *manifold*.
4. Es de vital importancia conocer el procedimiento para el arranque de la caldera, así se evitan daños a los equipos; se resguarda la seguridad del personal y de la infraestructura del lugar; y se aumenta el tiempo que toda la instalación pueda ser productiva.
5. Los planos son indispensables para la fabricación de la caldera y otros equipos secundarios; así como los diagramas eléctricos del panel de control de la bomba de agua y de la caldera son necesarios para poder utilizar a este conjunto generador de vapor.
6. Los guatemaltecos somos capaces de fabricar máquinas industriales y de realizar cualquier proyecto que nos propongamos, solo tenemos que creer en nosotros mismos y luchar por alcanzar los objetivos y metas trazadas.

RECOMENDACIONES

Al Gerente General

1. Conocer e investigar más a fondo los diferentes procesos de manufactura, de montaje y de instalación de calderas y equipos industriales, así como la implementación de más normas de seguridad y capacitación constante y programada al personal; porque es importante mantenerse actualizado para prestar un servicio cada vez mejor.
2. Utilizar procesos de manufactura más actuales acordes al tipo de trabajo y a la calidad requerida; implementar nuevos procesos para la verificación de fallas, fugas o defectos en los procesos como los ensayos no destructivos; porque la oferta y demanda del mercado industrial nos exige buscar siempre la mayor calidad de nuestros productos
3. Consultar con un experto la correcta cimentación de la caldera, preferentemente realizar un estudio de suelos, estudio de impacto ambiental (aunque no se solicite). Para las tuberías, realizar un estudio de la inclinación requerida, de la instalación de trampas de vapor y evitar o reducir las fugas o pérdidas de calor tanto como sea posible; porque es vital que la inversión que se haga sea segura y rentable para la empresa

Al Supervisor

4. Indicar visiblemente y capacitar al personal de operación de la caldera, los procedimientos de arranque y apagado de la caldera, así de los tipos de mantenimiento que se requiere y los intervalos de tiempo de estos; porque se necesita que los técnicos y operarios los conozcan.
5. Comunicarse constantemente y ser el enlace entre el gerente y los técnicos; ya que es indispensable mantener buenas relaciones laborales y personales.
6. Consultar los planos regularmente y seguirlos fielmente; porque se tienen que reducir y eliminar los errores para obtener resultados óptimos.

A los técnicos

7. Seguir las indicaciones hechas por el supervisor y gerente; ya que se tiene que respetar la jerarquía en la empresa y porque generalmente tienen una buena razón para hacer tales indicaciones.
8. Preguntar en cualquier duda que tengan; y así evitar accidentes, errores, pérdidas de recursos
9. Utilizar siempre equipo de protección personal aunque no se le requiera; ya que la seguridad siempre es incuestionable.
10. Medir dos veces para cortar una vez; es mejor perder algunos segundos rectificando las medidas que perder recursos, materiales y más tiempo.

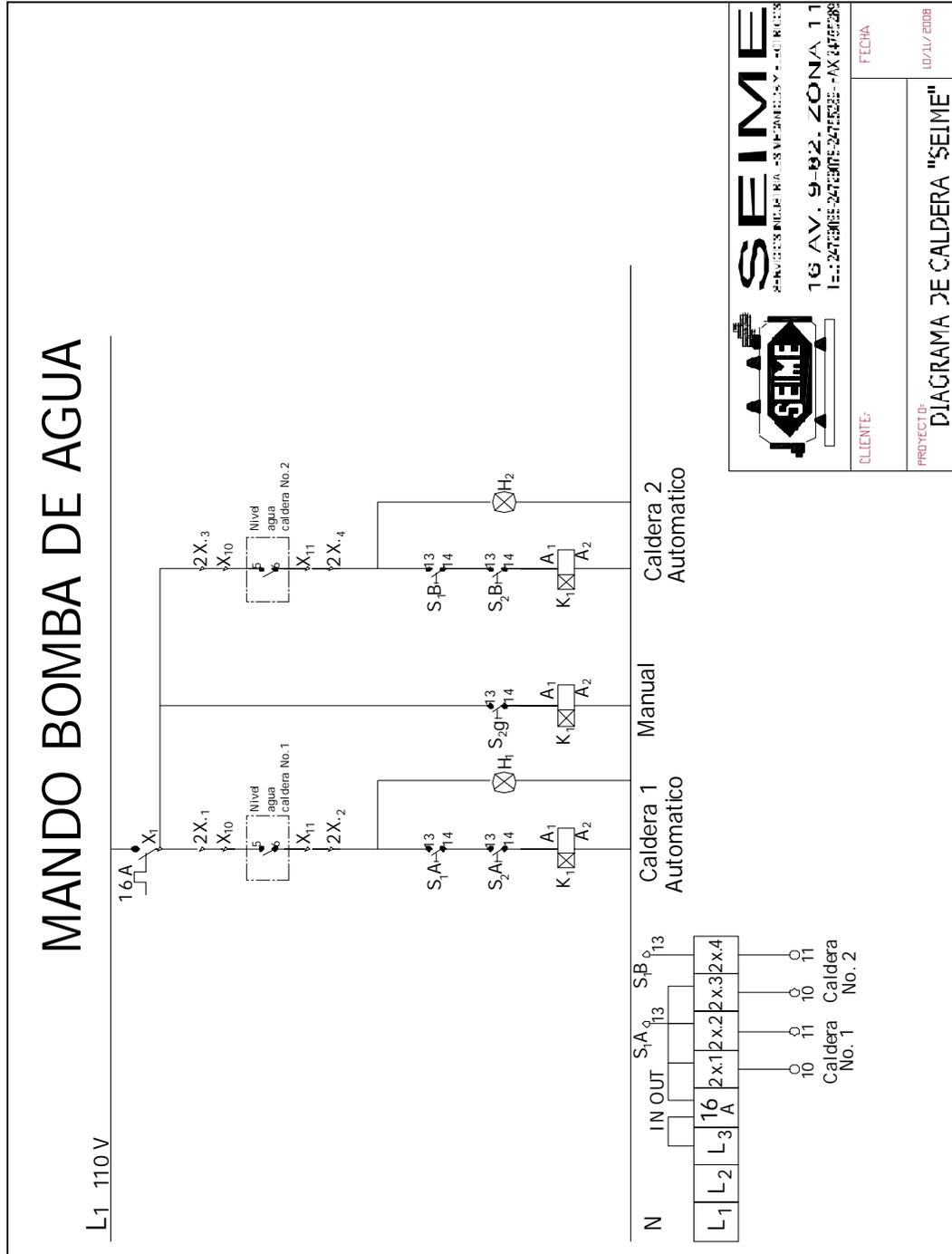
BIBLIOGRAFÍA

1. Chicojay Coloma, Carlos Aníbal. **Elementos primarios para la medición y control de variables de procesos**. Guatemala. Ediciones C. Dapal. 2007. 87pp.
2. **Diccionario enciclopédico mega siglo XXI**. Colombia. Editorial Norma, S. A. 2001. 964pp.
3. H. C. Kazanas, Genn E. Backer, Thomas Gregor. **Procesos básicos de manufactura**. México. Mc Graw Hill.
4. Harry D. Moore, Donald R. Kibbey. **Manual del Ingeniero Mecánico**. México. Ediciones Orientación de C. V.
5. Karassik, Igor J. y Carter, Roy. **Bombas centrifugas**. 14^a. Ed. México. Editorial Continental, de C. V. 1987. 560pp.
6. **Oleo hidráulica básica**. Guatemala. CRDDVI Intecap. 2005. 67pp.
7. Resnick, Robert; Halliday, David y Krane, Kenneth S. **Física**. 4a. Ed. (volumen 1). Mexico. Editorial Continental. 2002. 566pp.
8. Wark, Kenneth. **Termodinámica**. 5a. Ed. México. McGraw-Hill. 1999. 526pp.
9. Williams, Edwin B. **Diccionario inglés-español español-inglés**. EEUU. Bantam Books. 1989. 724pp.
10. Microsoft Encarta 2006.
11. http://es.wikipedia.org/wiki/Caldera_%28m%C3%A1quina%29 (junio 2008).
12. <http://es.wikipedia.org/wiki/roscado> (agosto 2008).
13. <http://es.wikipedia.org/wiki/Soldadura> (enero 2009).
14. www.armstrong-mexico.com.mx/ppb.htm (diciembre 2008).

15. www.colder.com/Portals/0/pdfs/sNPT.pdf (julio 2008).
16. www.industrialtijuana.com/Calderas/index.htm (julio 2008).
17. www.monografias.com/trabajos10/eyec/#ter (junio 2008).
18. www.monografias.com/trabajos13/elproces/elproces.shtml (agosto 2008).
19. [www.monografias.com/trabajos13/elproces/Soldadura por arco eléctrico](http://www.monografias.com/trabajos13/elproces/Soldadura%20por%20arco%20el%C3%A9ctrico) (septiembre 2008).
20. [www.paginadigital.com.ar/cursos.asp/Soldadura eléctrica.htm](http://www.paginadigital.com.ar/cursos.asp/Soldadura%20el%C3%A9ctrica.htm) (noviembre 2008).
21. www.powermaster.com.mx (octubre 2008).
22. www.quiminet.com.mx (julio 2008).
23. www.steamcontrol.com/index_docum_trampas.html (agosto 2008).
24. www.valvias.com/prontuario-abreviaturas.php (junio 2008).
25. www2.ing.puc.cl/~icm2312/apuntes/uniones/roschas.html (junio 2008).

ANEXOS

Anexo 1. Mando bomba de agua





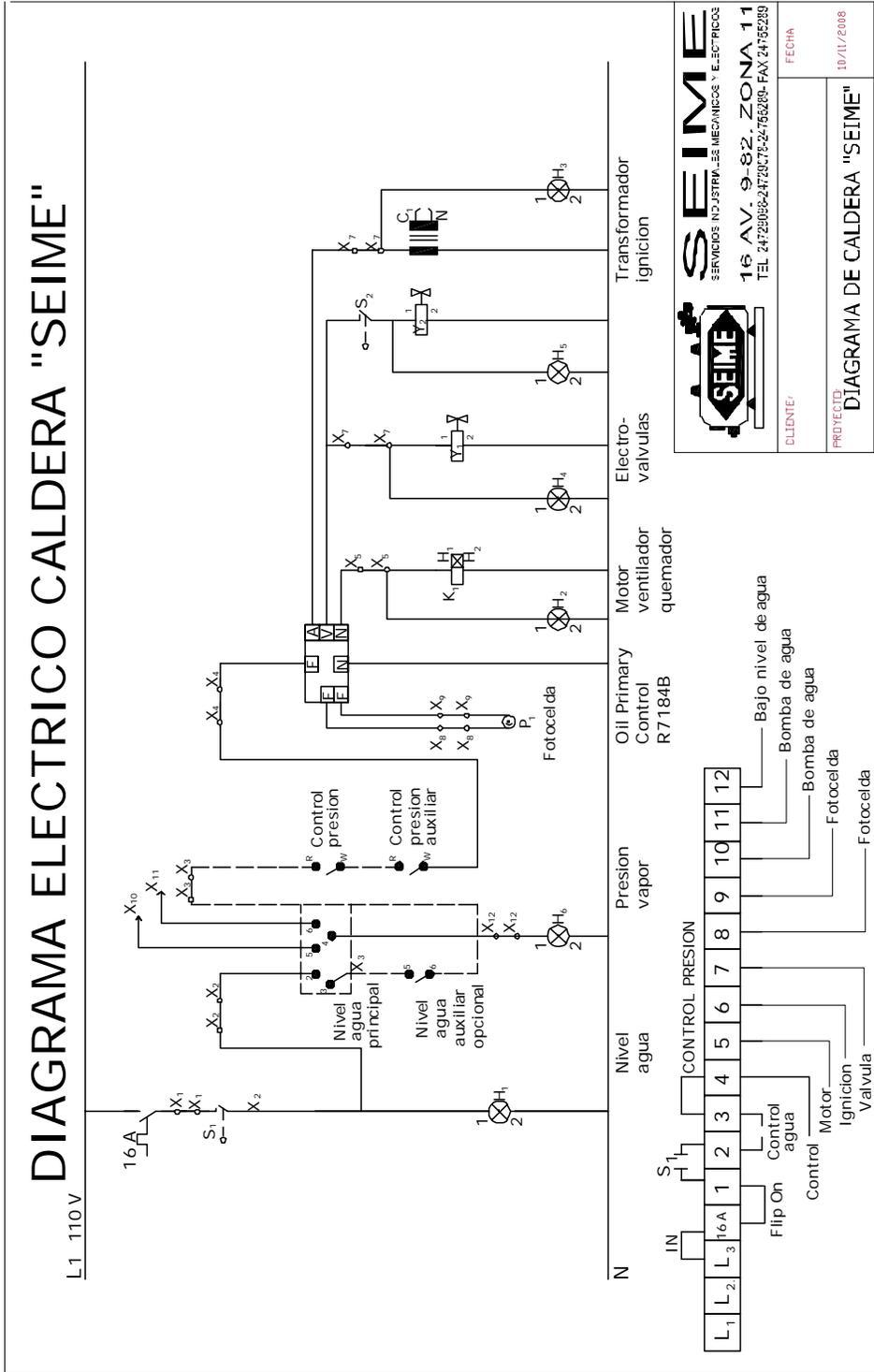
SEIME
SOLUCIONES EN CALDERAS Y SISTEMAS DE AGUA CALIENTE

16 AV. 9-82. ZONA 11
I. C. 24708000 - 24708000 - 24708000 - AX 34708000

CLIENTE:	FECHA:
PROYECTO:	10/21/2008
DIAGRAMA DE CALDERA "SEIME"	

Fuente: Víctor Hugo Salazar, SEIME

Anexo 2. Diagrama eléctrico de caldera SEIME

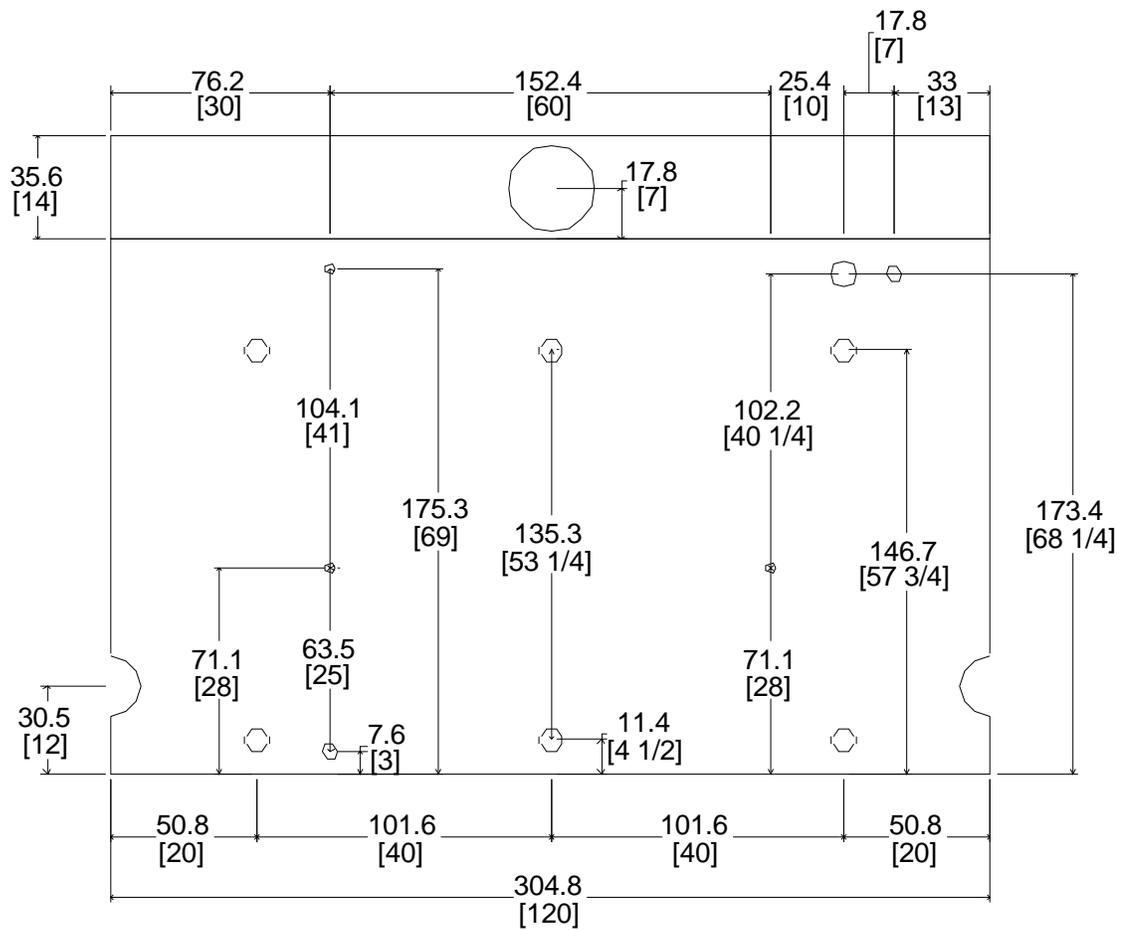


Fuente: Víctor Hugo Salazar, SEIME

APÉNDICES

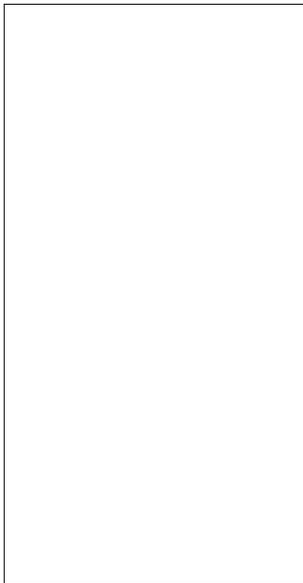
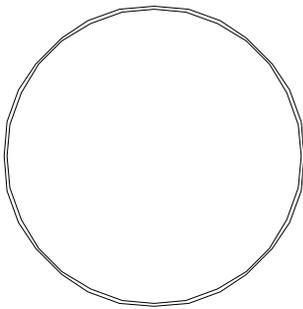
Apéndice 1. Plano de caldera

CALDERA

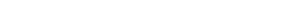
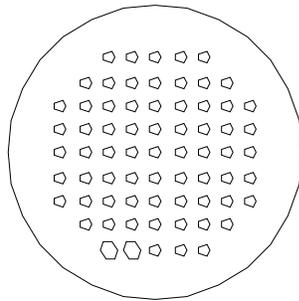


Apéndice 2. Cuerpo de la caldera

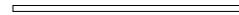
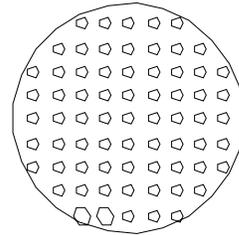
Cuerpo de la caldera



Cilindro principal



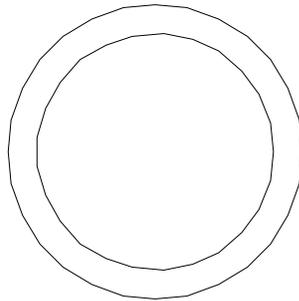
Espejo superior



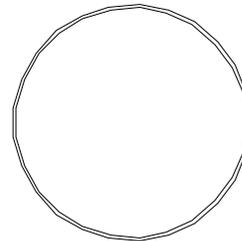
Espejo inferior



Tubo del quemador



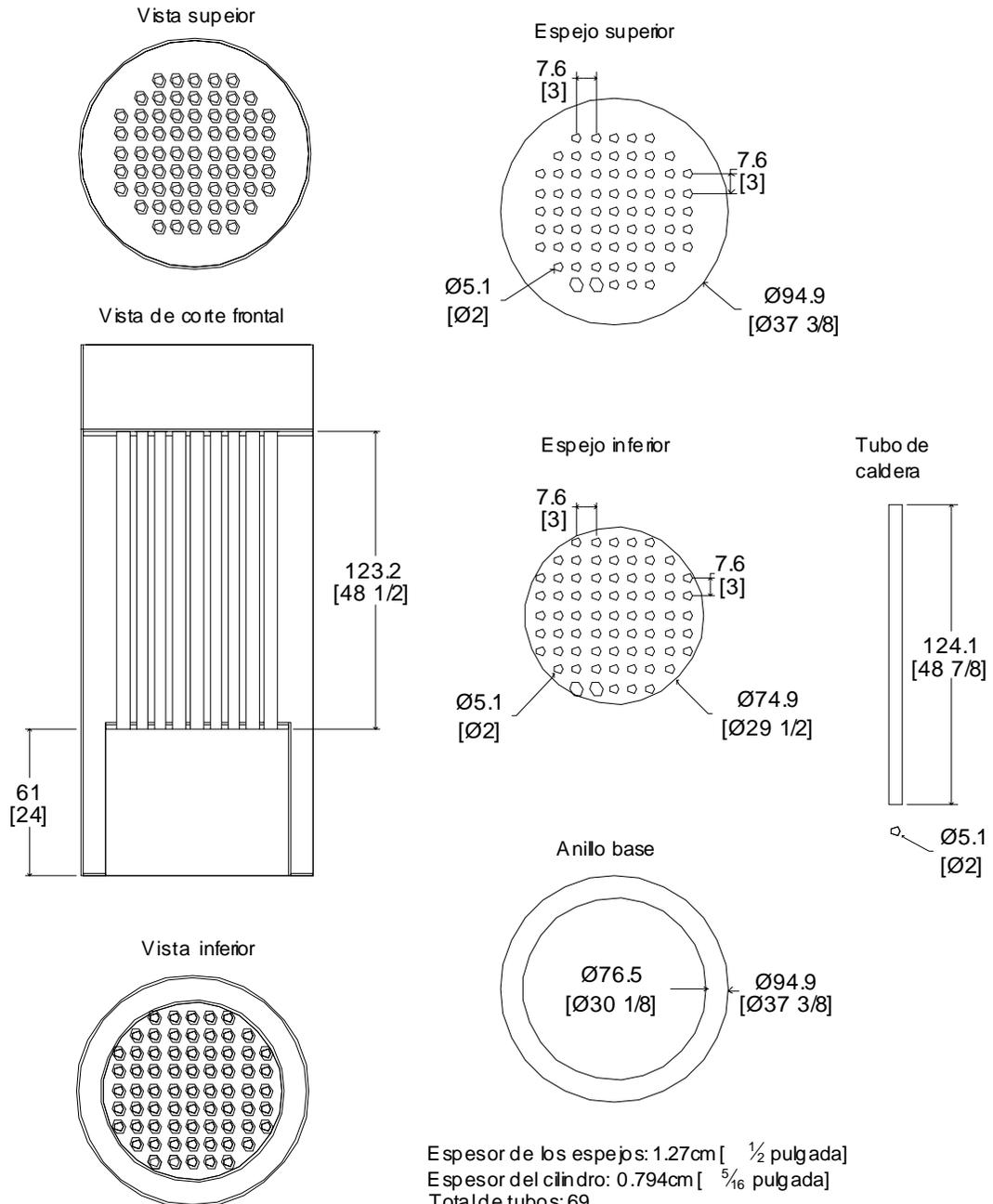
Anillo base



Cilindro del horno

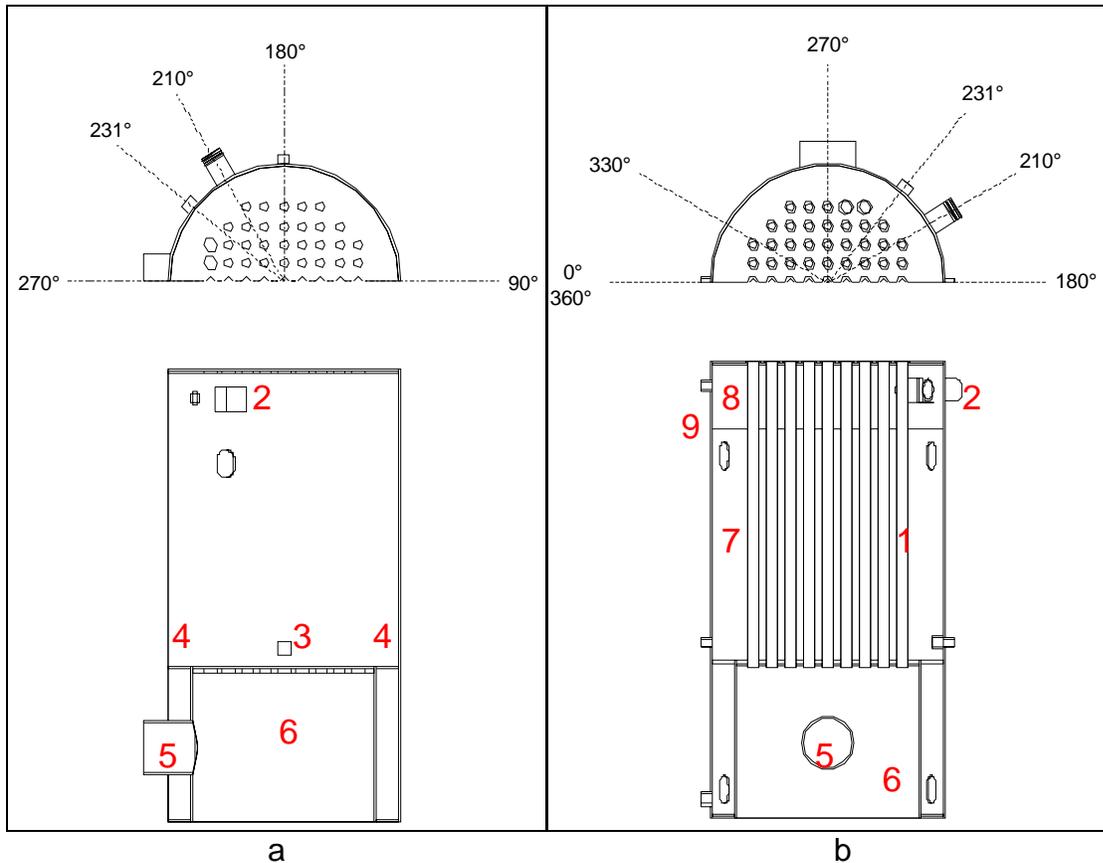
Apéndice 3. Espejos y tubos

ESPEJOS Y TUBOS



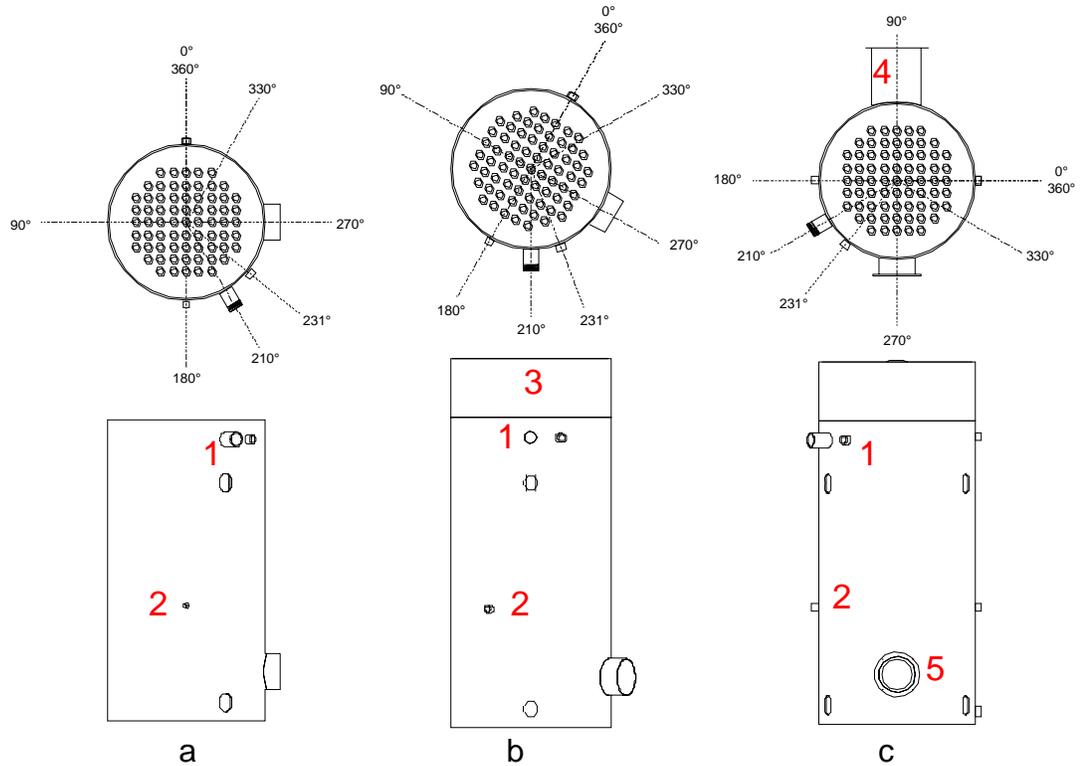
Espesor de los espejos: 1.27cm [1/2 pulgada]
 Espesor del cilindro: 0.794cm [5/16 pulgada]
 Total de tubos: 69
 La longitud de los tubos puede variar por lo que hay que medirlos individualmente

Apéndice 4. Caldera Seccionada



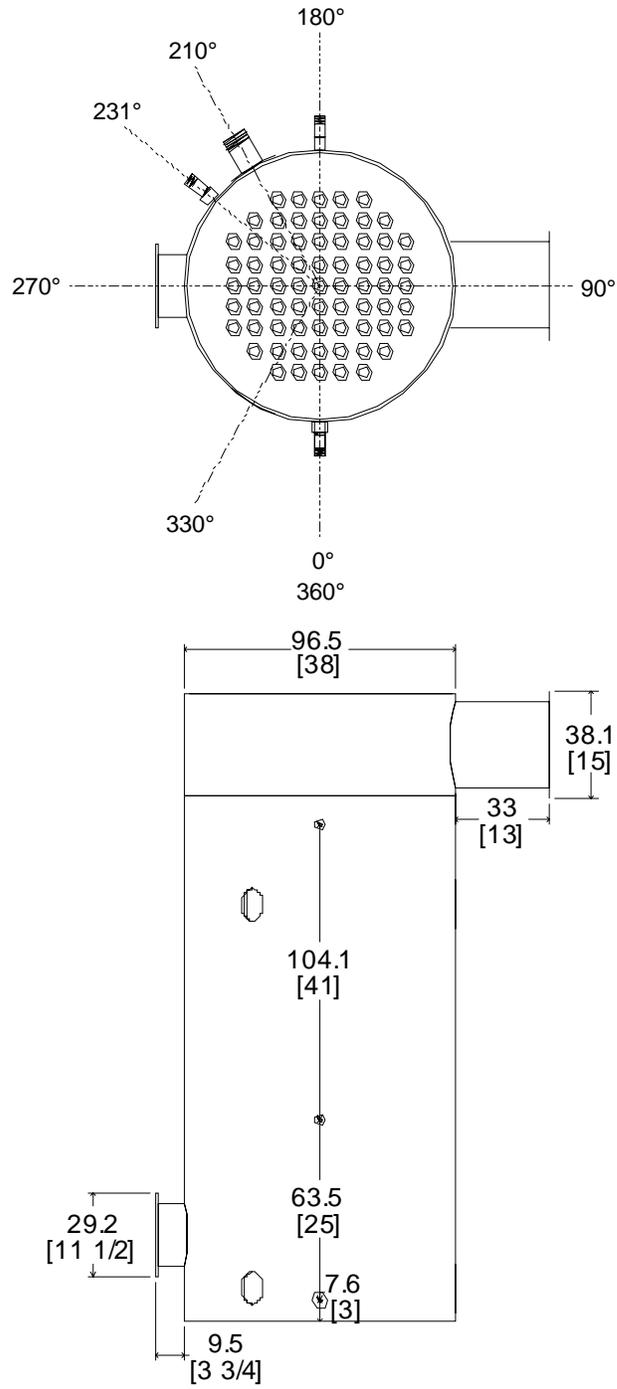
- 1 Tubos de caldera
- 2 Salida de vapor, válvula de seguridad y deflector de vapor
- 3 Entrada de agua y deflector de agua
- 4 Separador / sujetador del horno y la caldera
- 5 Tubo del quemador
- 6 Horno, hogar, cámara de combustión
- 7 Cámara de agua
- 8 Cámara de vapor
- 9 Nivel de agua normal de operación

Apéndice 5. Caldera cerrada

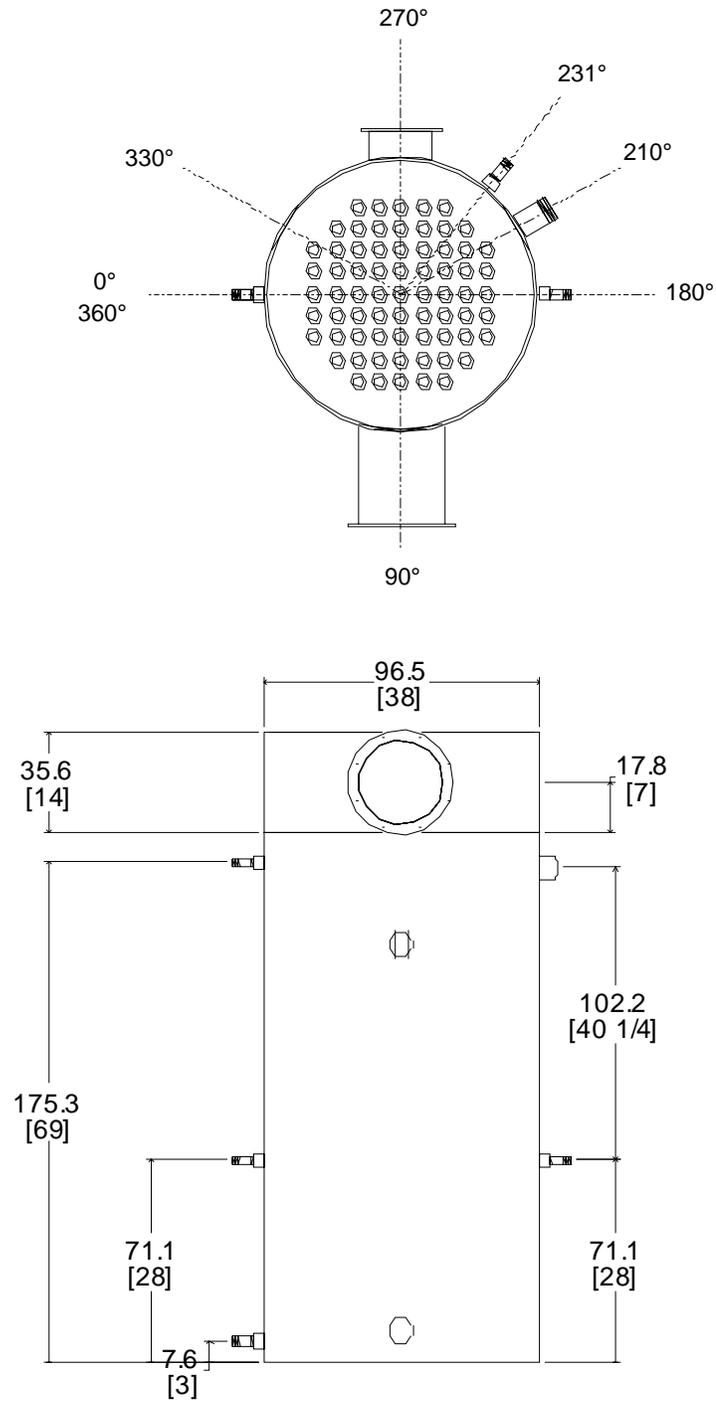


- 1 Salida de vapor y válvula de seguridad
- 2 Entrada de agua
- 3 Cilindro de chimenea y cámara de gases de combustión
- 4 Tubo de chimenea con flange
- 5 Flange del tubo del quemador

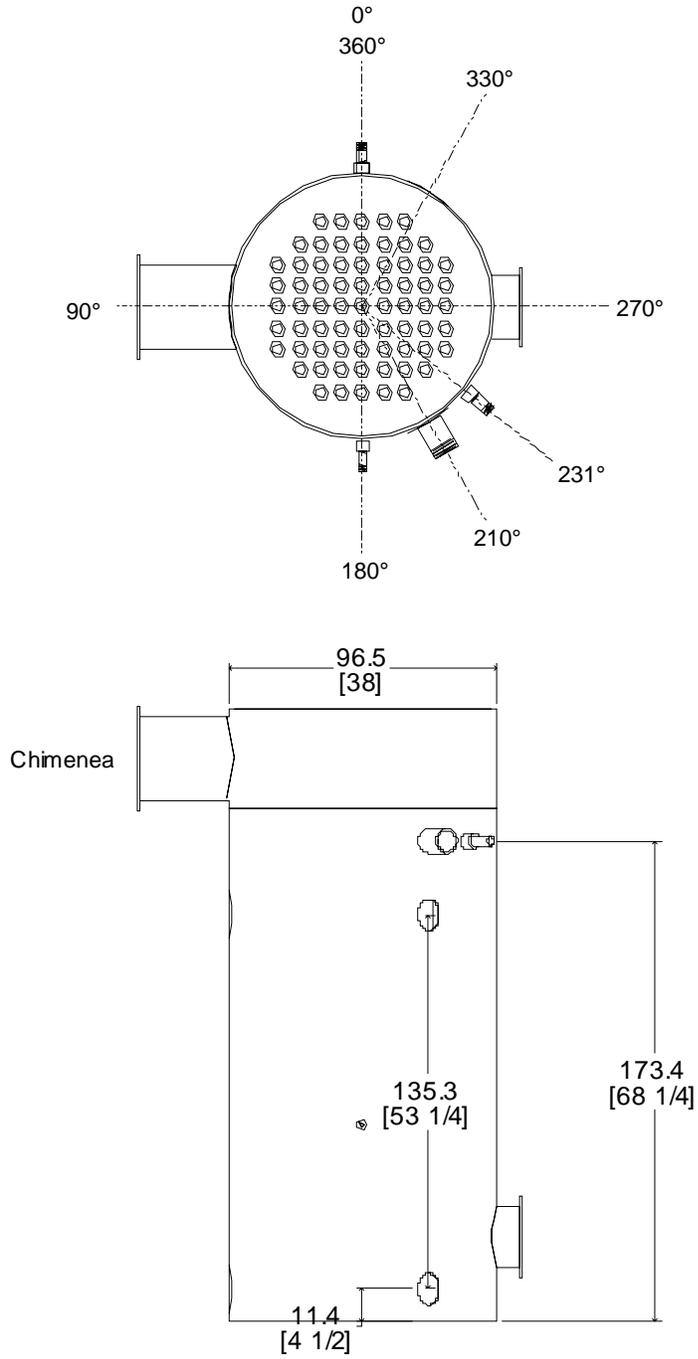
Apéndice 6. Caldera plano 1



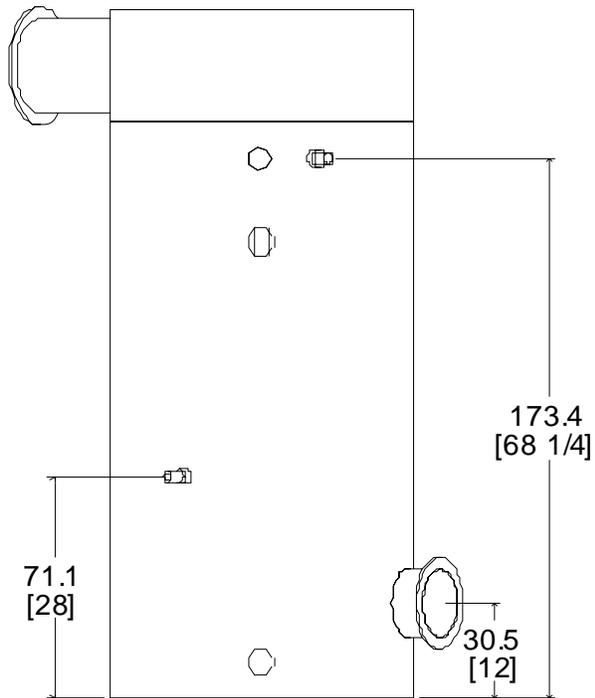
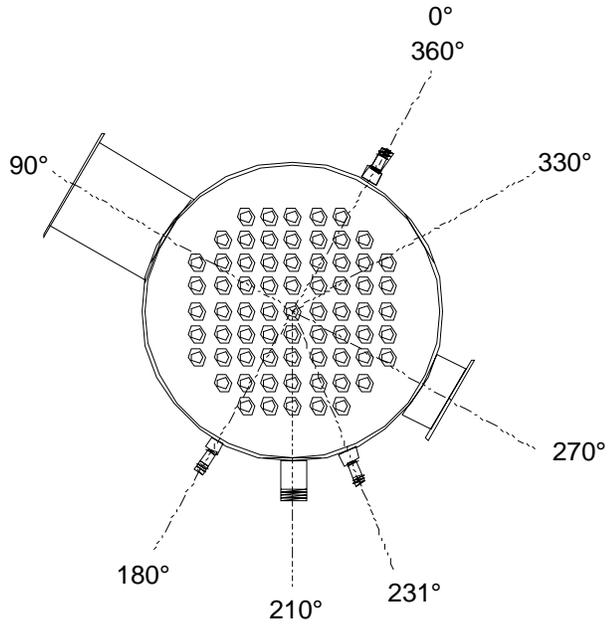
Apéndice 7. Caldera plano 2



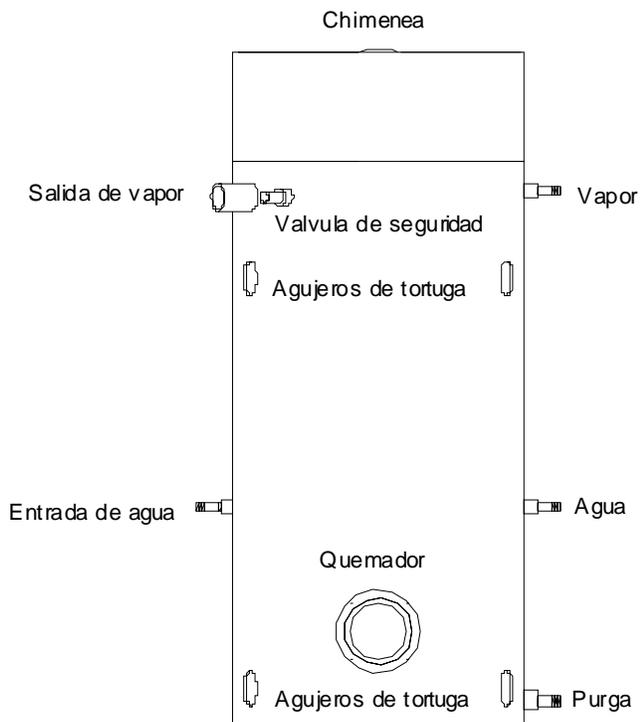
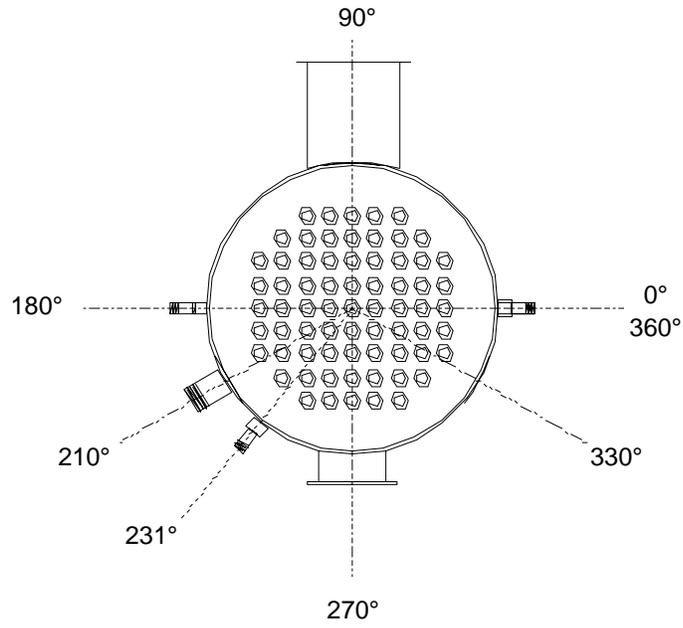
Apéndice 8. Caldera plano 3



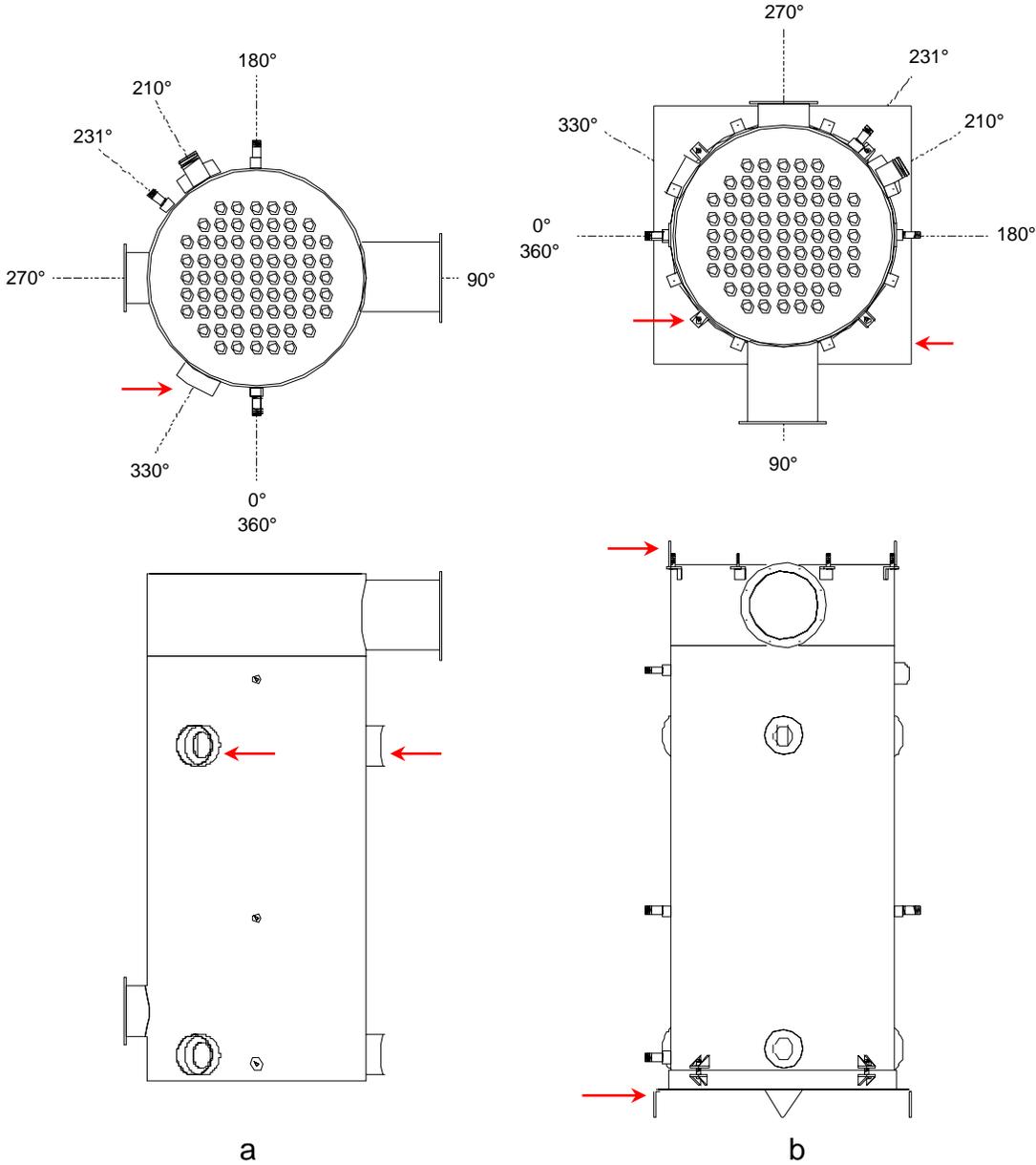
Apéndice 9. Caldera plano 4



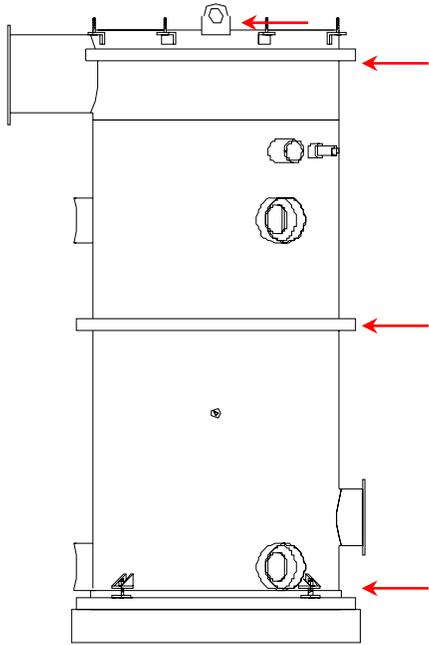
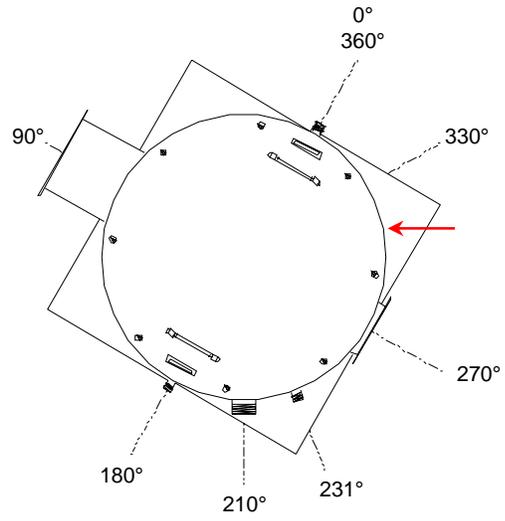
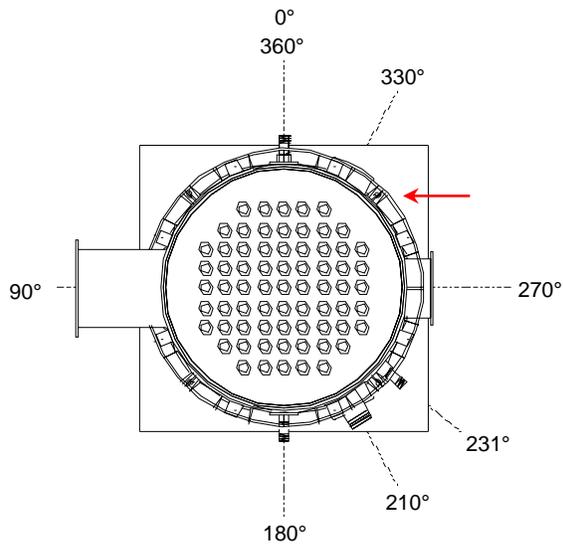
Apéndice 10. Caldera plano 5



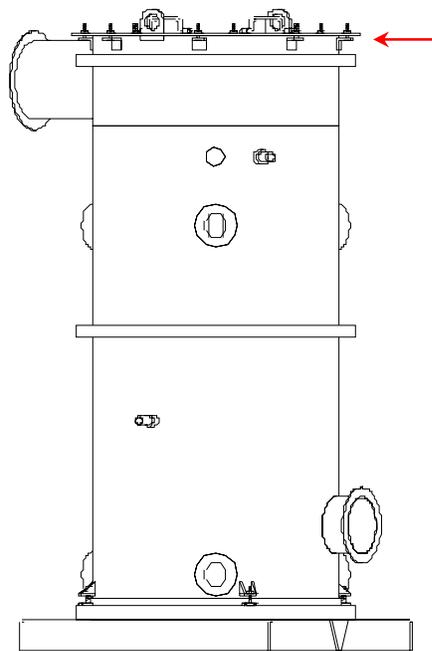
Apéndice 11. Tortugas, base y sujetadores



Apéndice 12. Espaciadores y tapadera

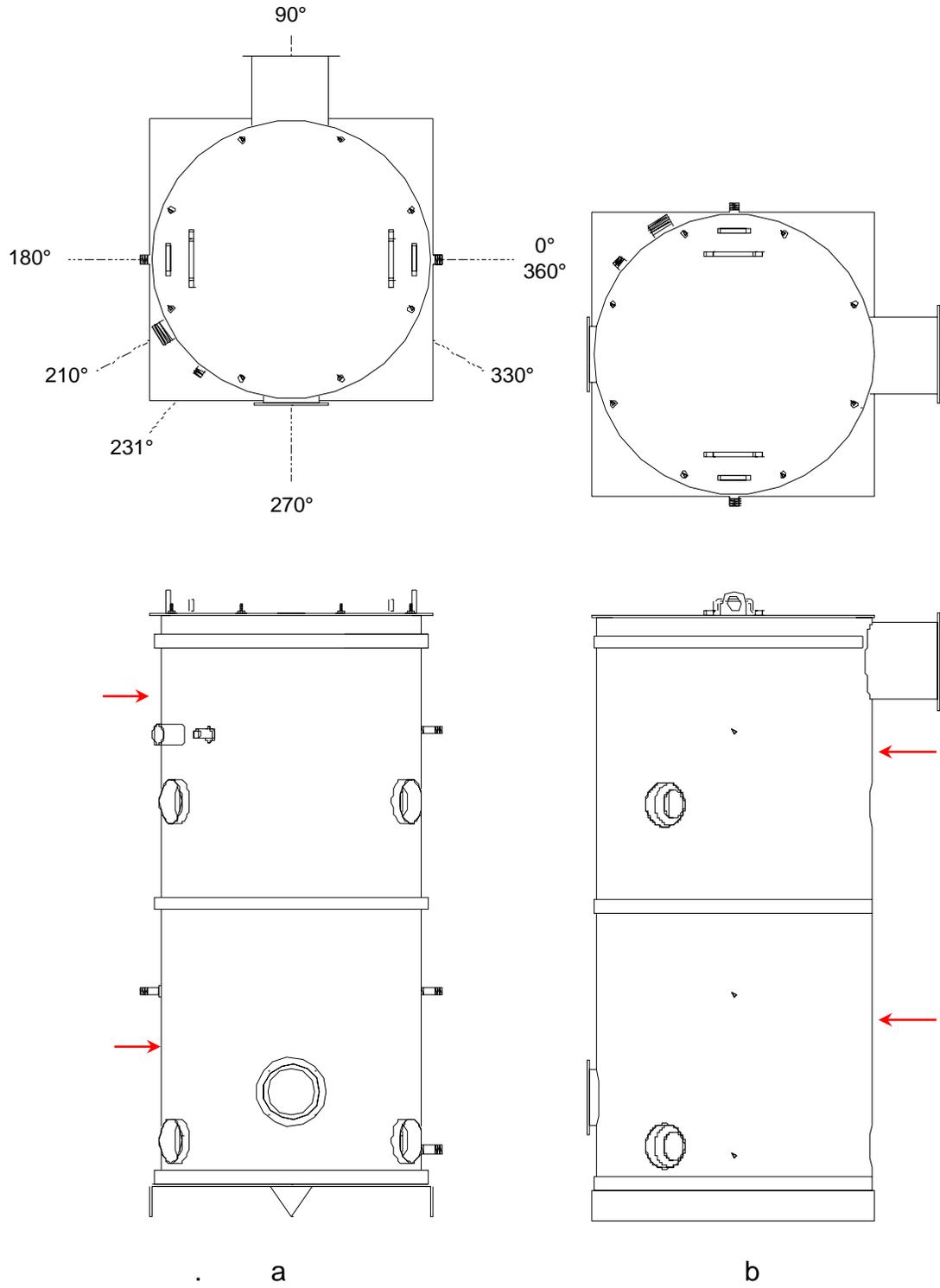


a

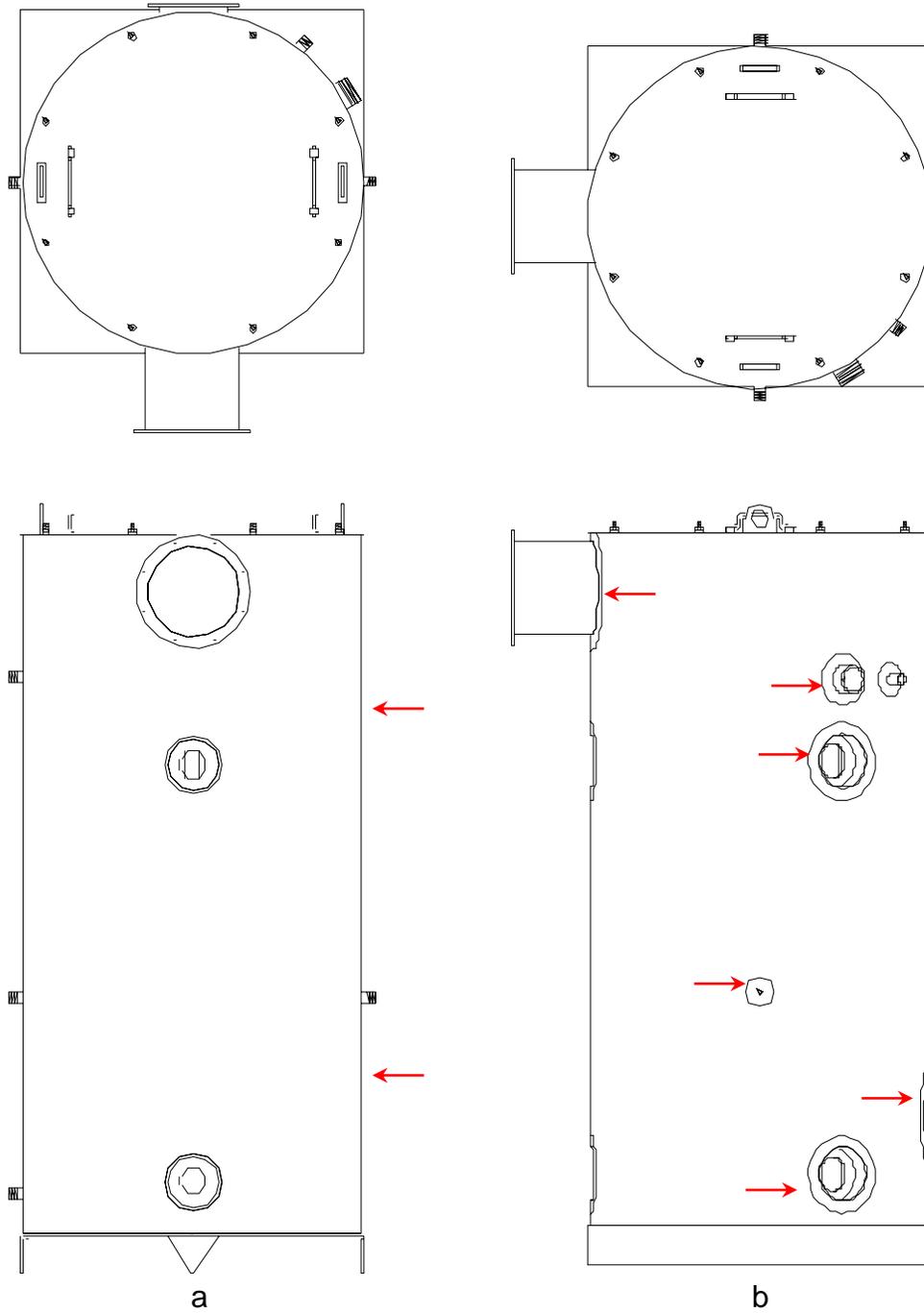


b

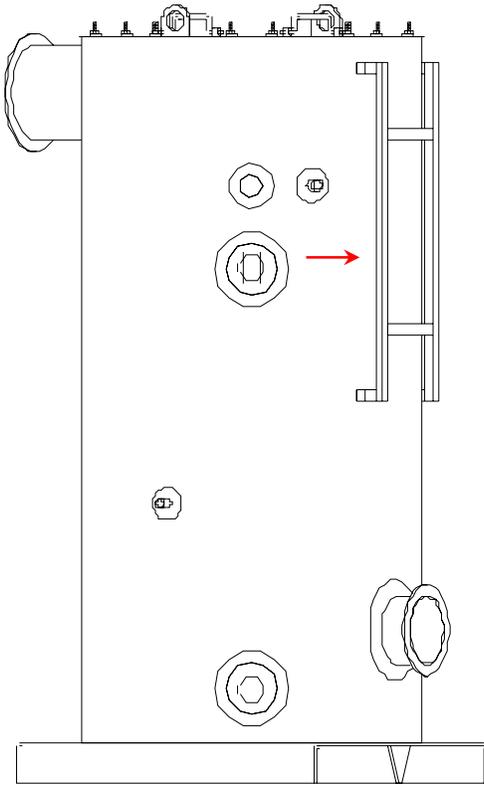
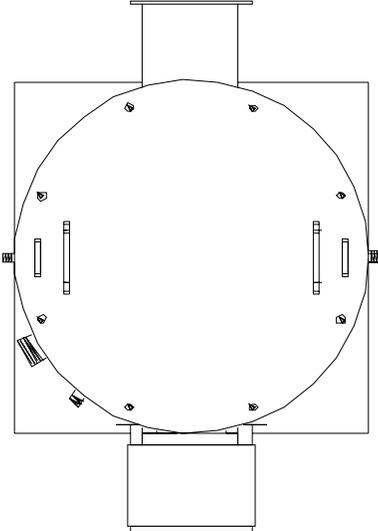
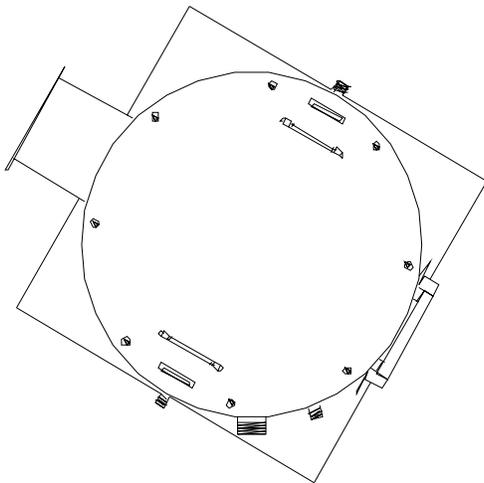
Apéndice 13. Capas de fibra



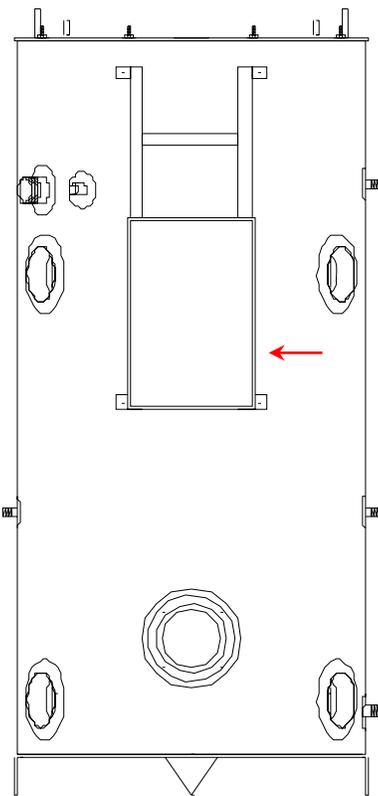
Apéndice 14. Lámina de acero inoxidable



Apéndice 15. Tablero



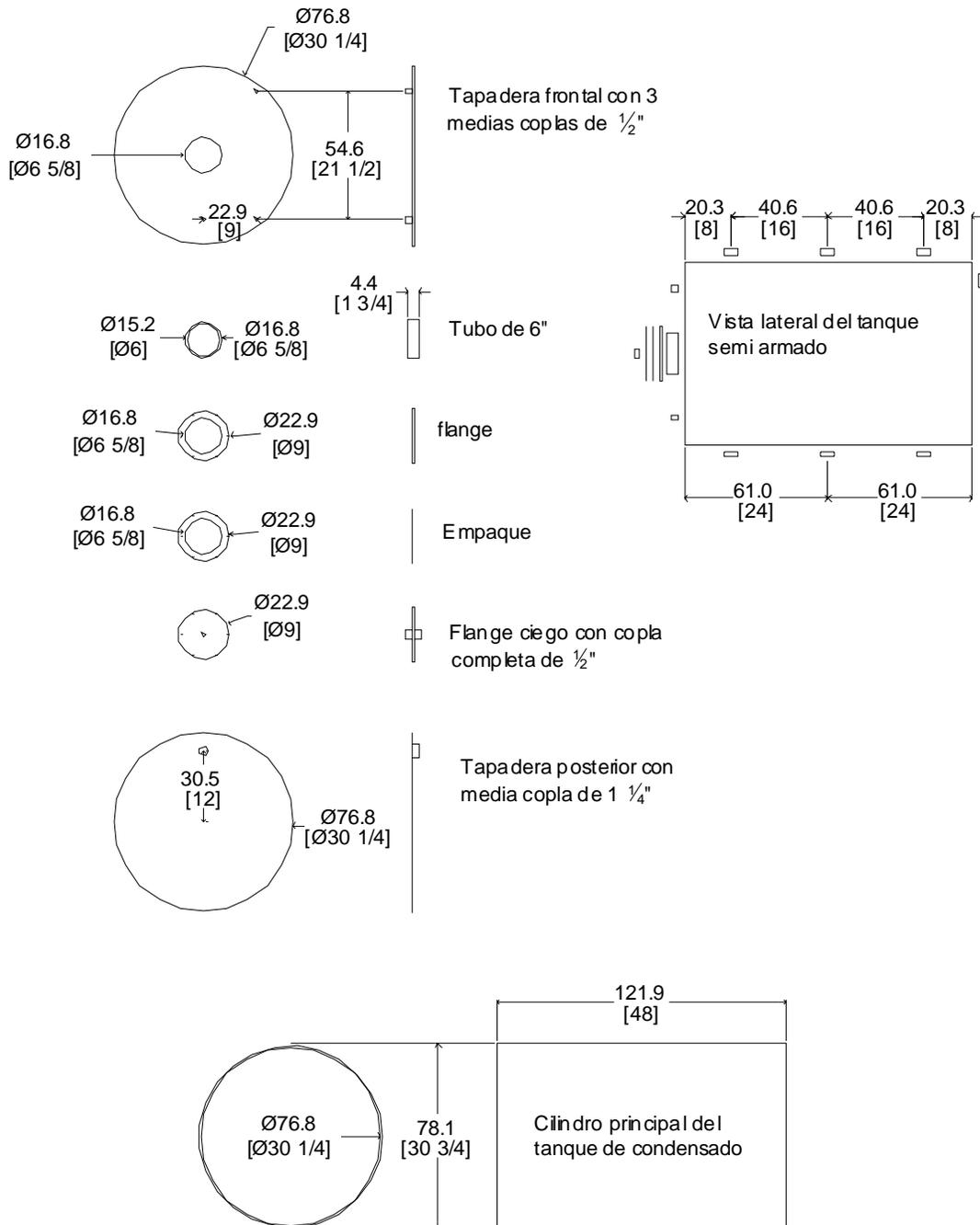
a



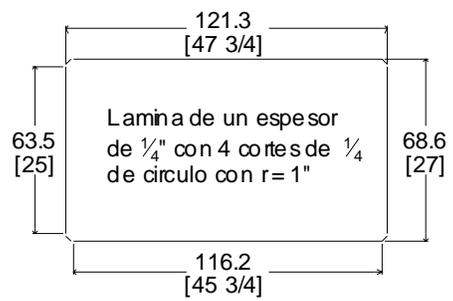
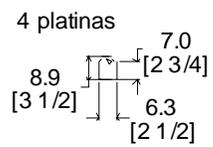
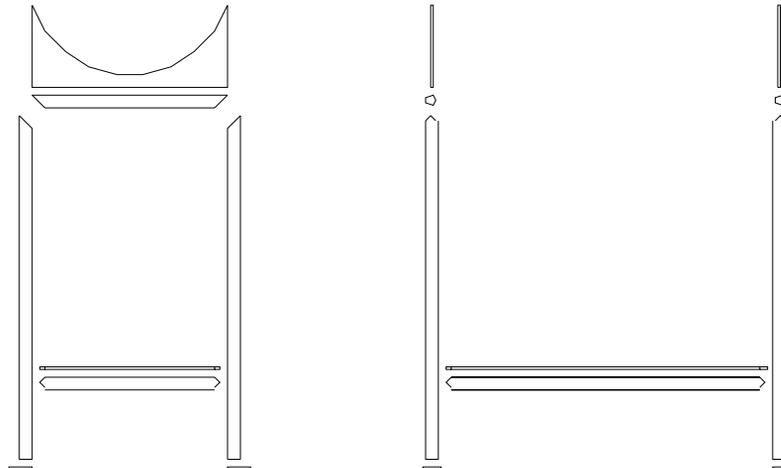
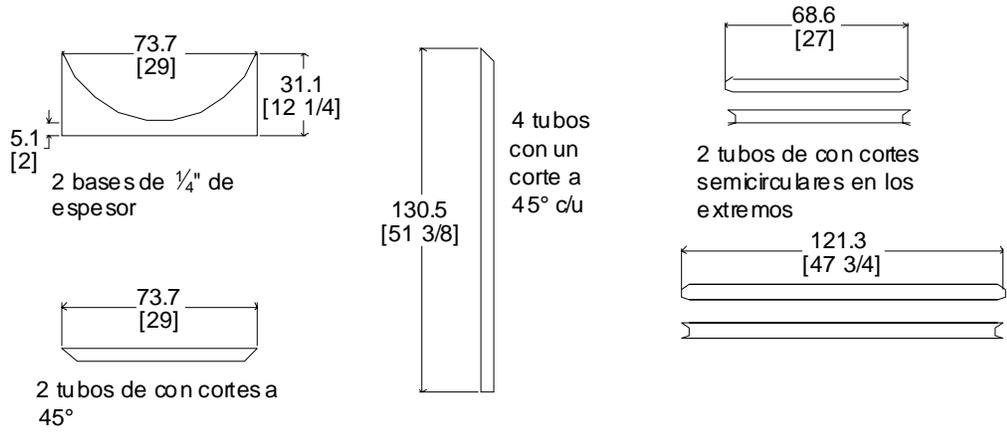
b

Apéndice 16. Planos del tanque de agua

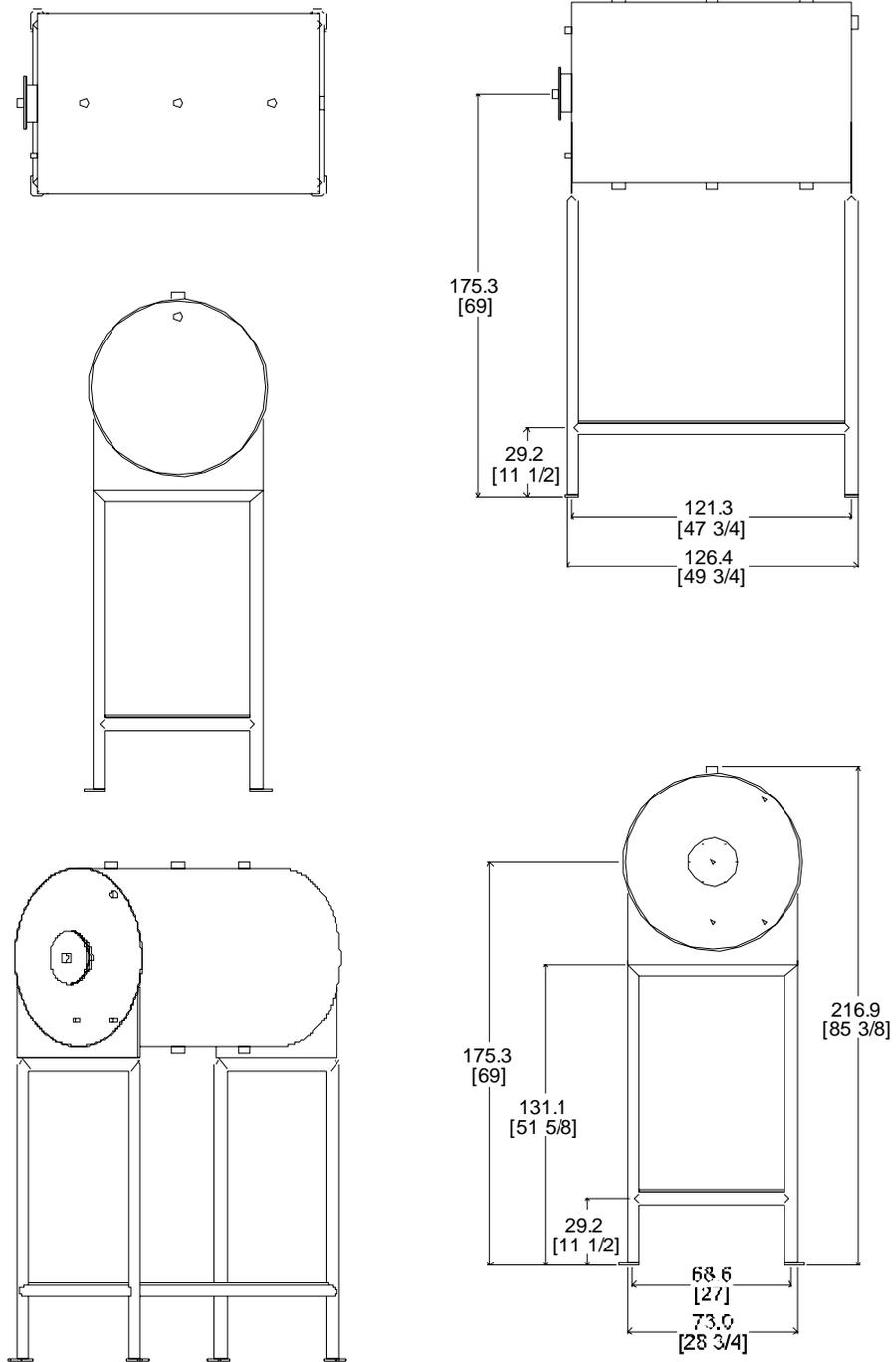
Tanque de condensado



Apéndice 17. Base del tanque de agua

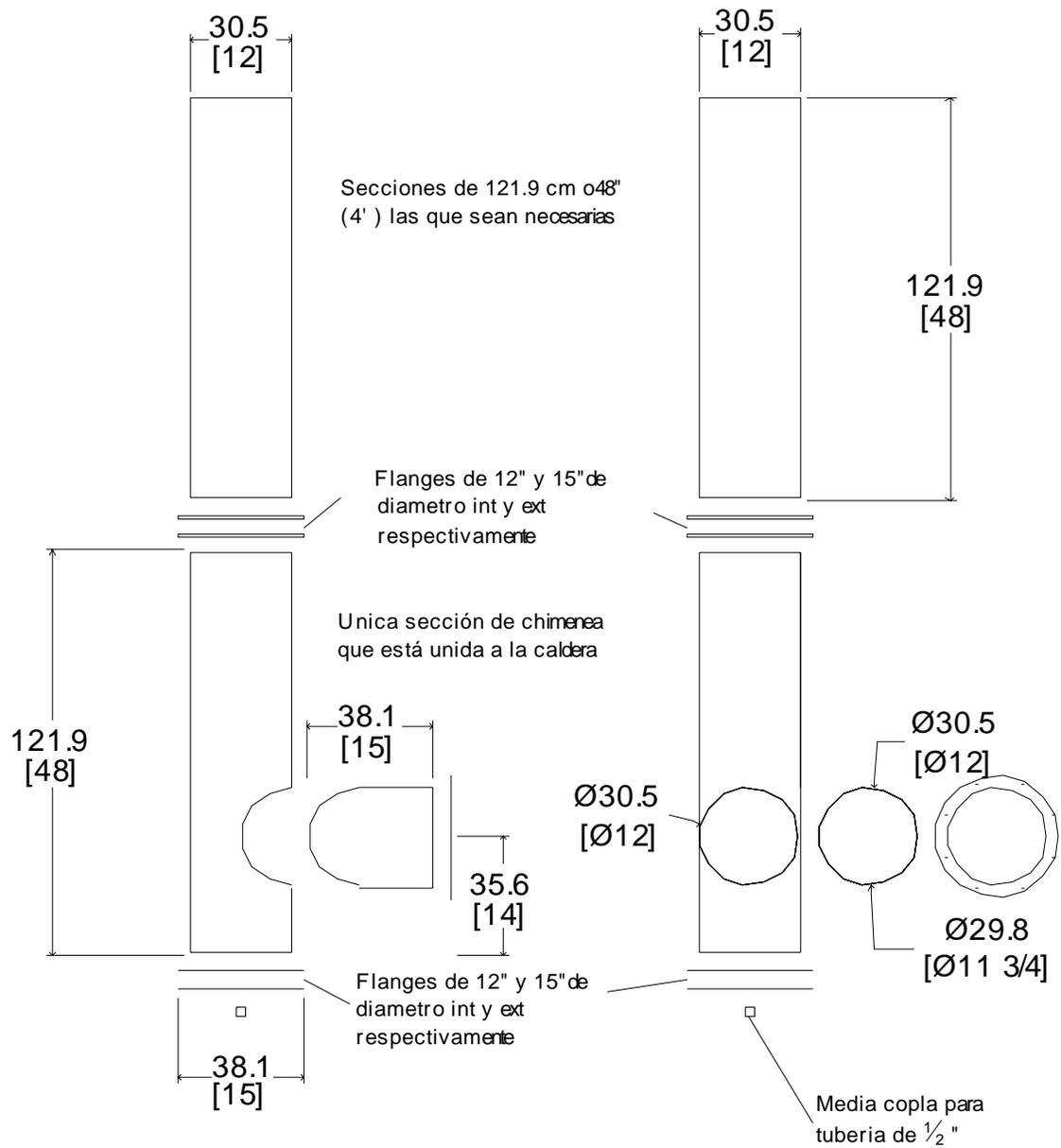


Apéndice 18. Tanque de agua



Apéndice 19. Planos de chimenea

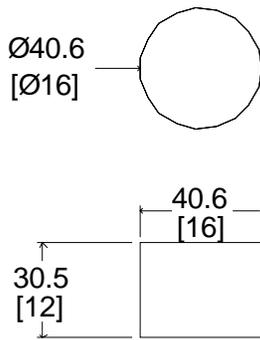
CHIMENEA



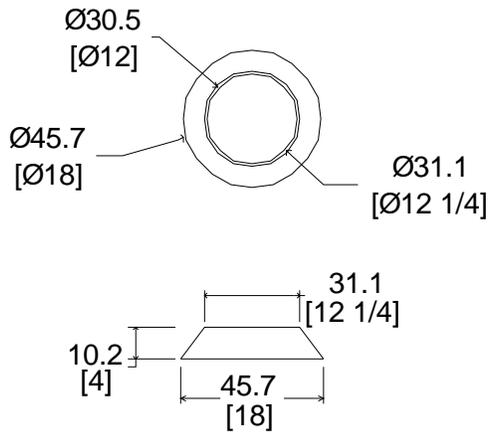
Apéndice 20. Accesorios de chimenea

CHIMENEA

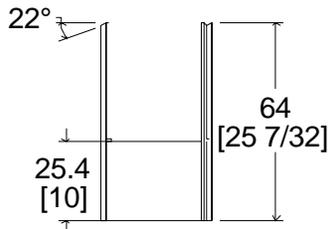
Separador



Bota aguas



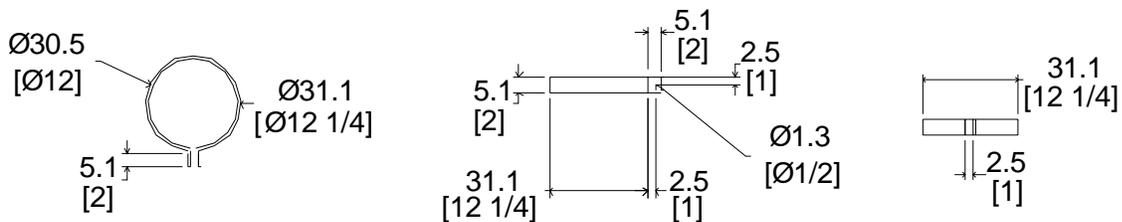
Soportes



Tornillo



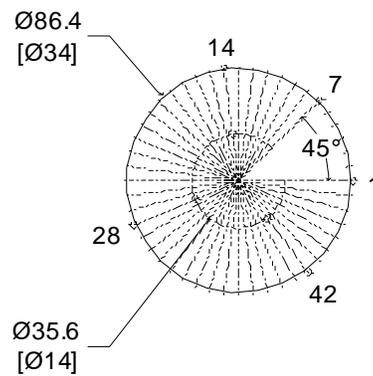
Cincho



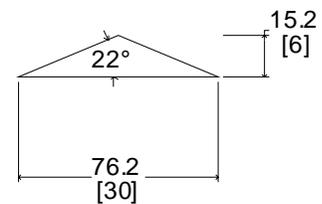
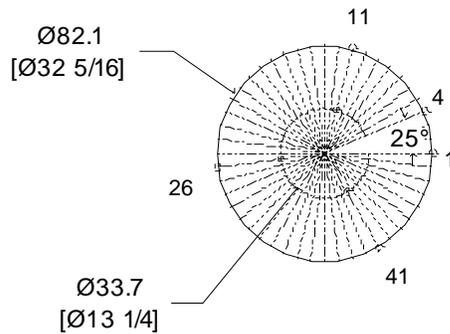
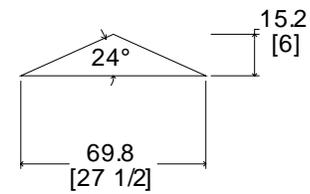
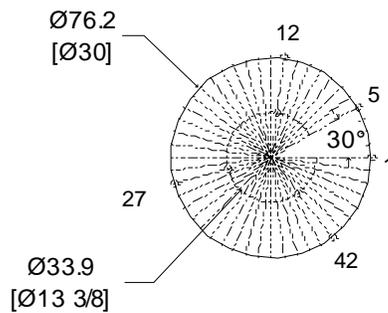
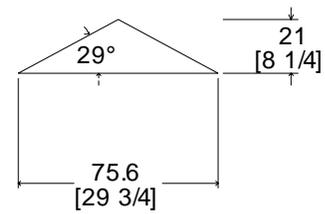
Apéndice 21. Sombrero

SOMBRERO

Vista superior del círculo inicial

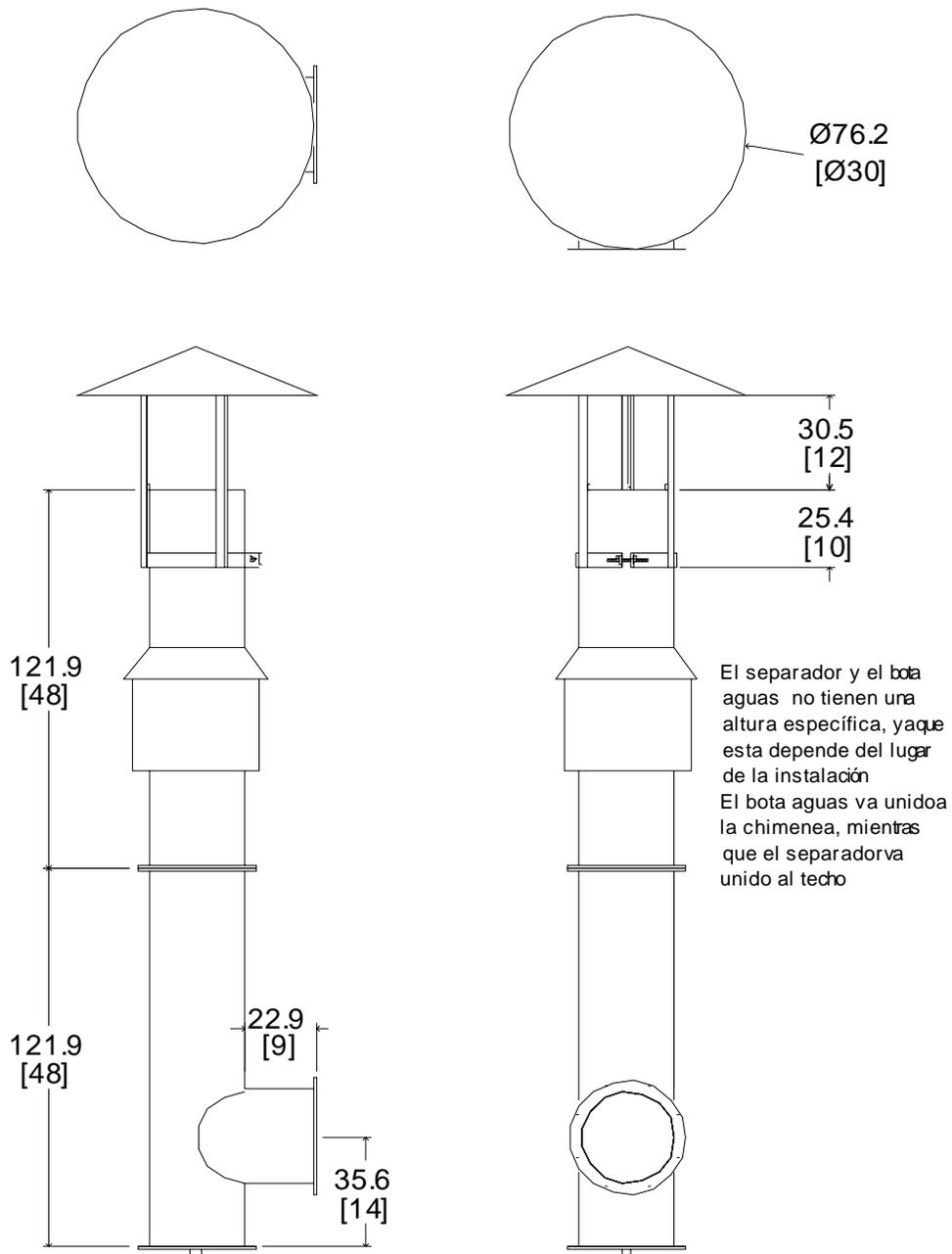


Vista lateral final del sombrero terminado



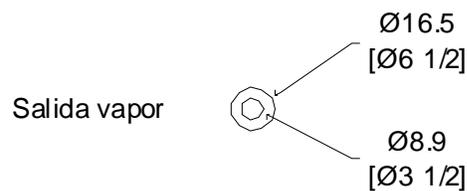
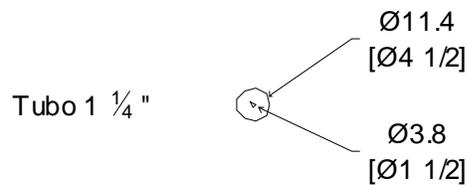
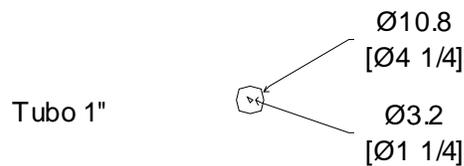
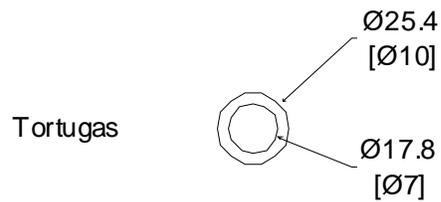
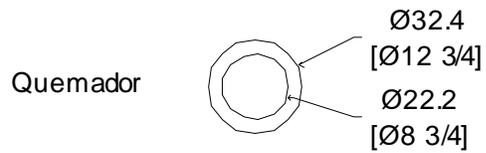
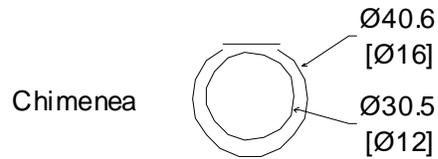
Apéndice 22. Chimenea

CHIMENEA



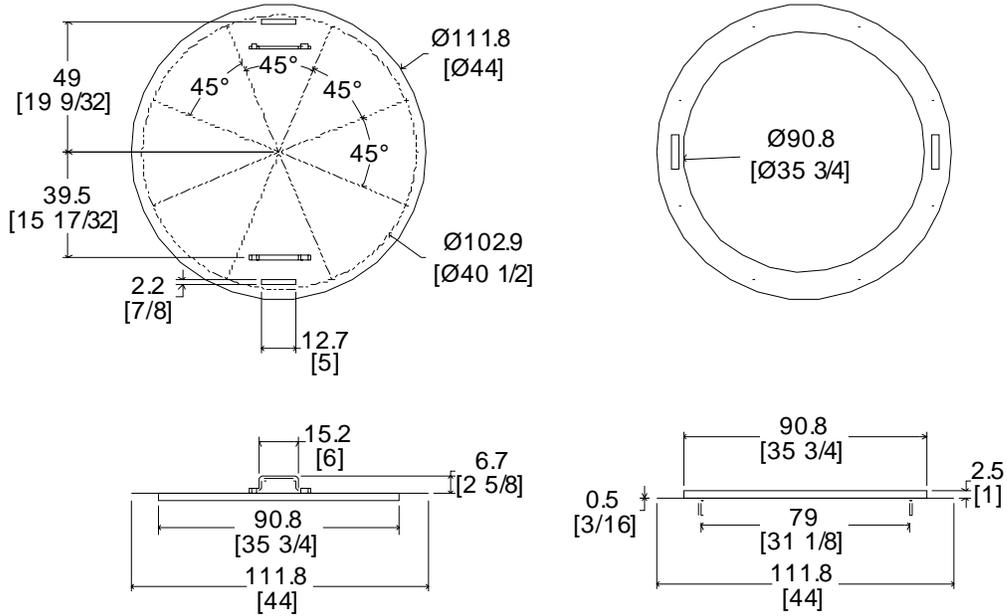
Apéndice 23. Tapaderas de lámina inoxidable

Tapaderas



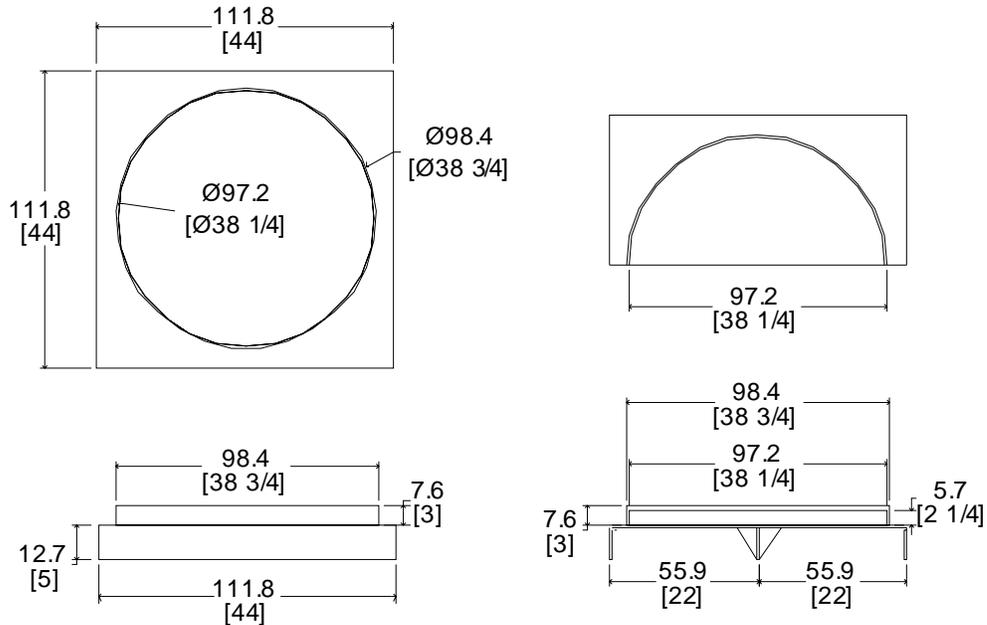
Apéndice 24. Tapadera y base

Tapadera



Espesor de la lamina 0.476cm [$3/16$ "]
8 agujeros de $3/4$ "

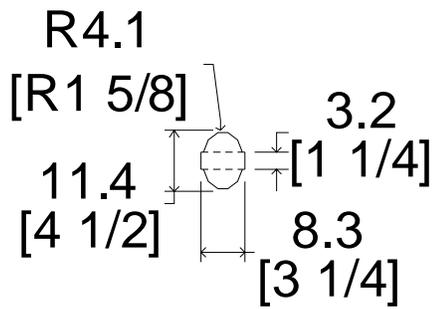
Base



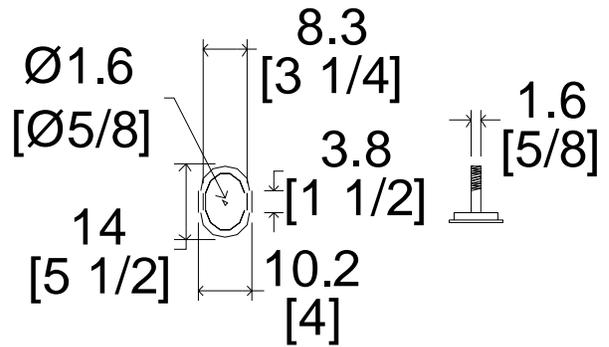
Espesor de la lamina 0.794cm [$5/16$ "]
Material refractario de asbesto

Apéndice 25. Tortuga y sujetadores

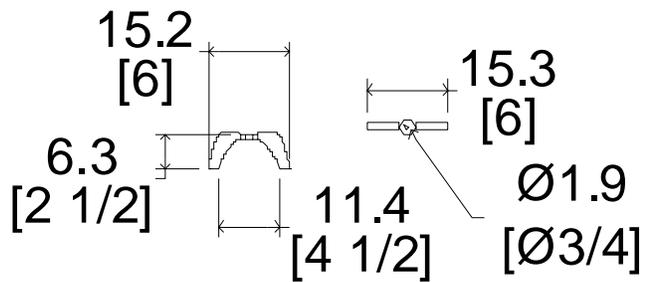
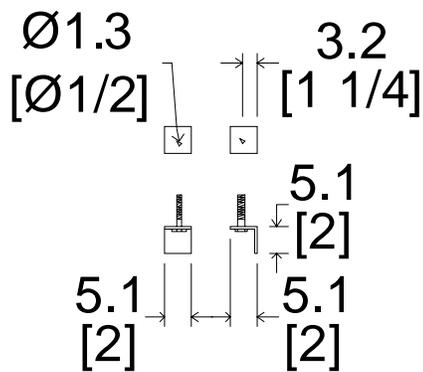
Agujero de tortuga



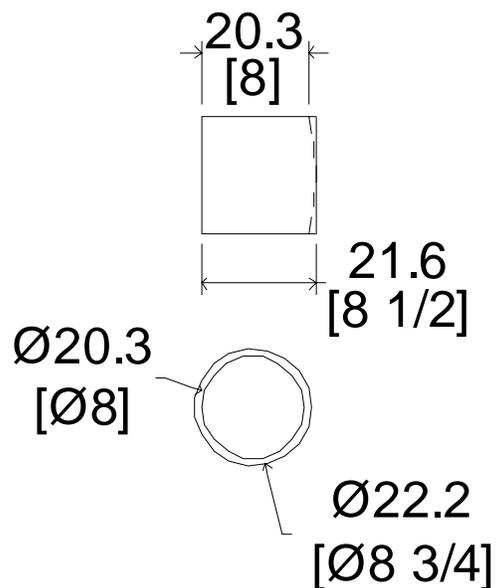
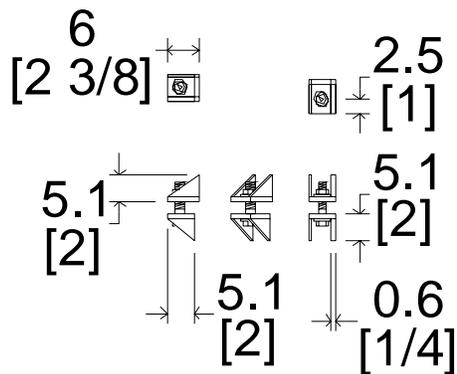
Tapadera de tortuga



Sujetadores



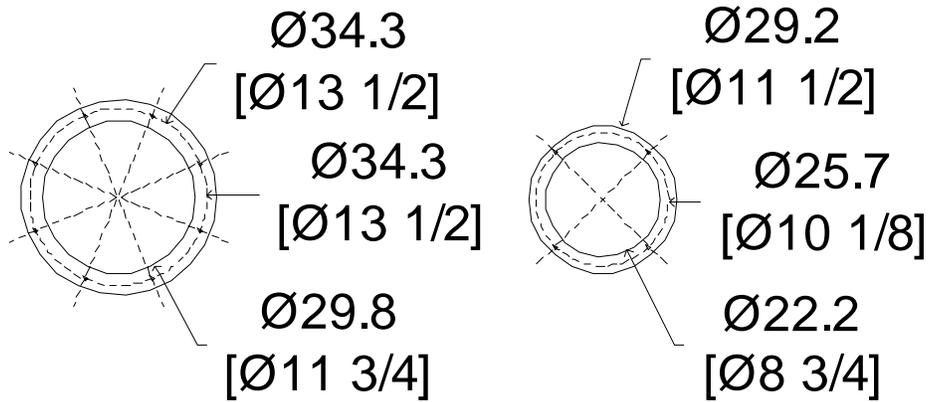
Tubo del quemador



Diametro de agujero 1.9cm [3/4"
Tornillo completo de 1/2" X 3"
Grado 8

Apéndice 26. Flange y sección de tubo

Flanges



Chimenea

8 Agujeros de 1.5cm [$\frac{5}{8}$ "]

Espesor de 0.6cm [$\frac{1}{4}$ "]

6 flanges

5 abiertos y 1 ciego con

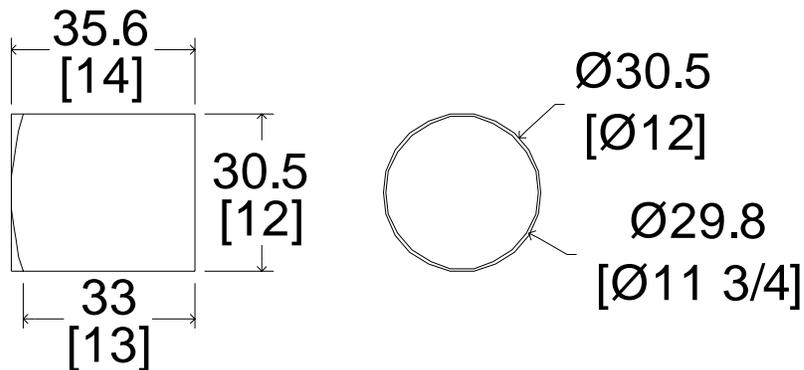
media copla de $\frac{1}{2}$ " en el centro

Quemador

4 Agujeros de 1.3cm [$\frac{1}{2}$ "]

Espesor de 0.6cm [$\frac{1}{4}$ "]

Tubo de chimenea unido a caldera



Sección transversal de un tubo aislado térmicamente

