UNIVERSIDAD DON BOSCO

FACULTAD DE INGENIERIA

"DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UNA CALDERA CALENTADA ELECTRICAMENTE, PARA FINES DIDACTICOS"

TRABAJO ELABORADO PARA OPTAR AL GRADO DE

INGENIERO MECANICO

PREPARADO POR: LUIS GUSTAVO MORAN CALDERON

SOYAPANGO, 1992.-

AUTORIDADES ACADEMICAS

UNIVERSIDAD DON BOSCO

PRESIDENTE

Pbro. Luis Ricardo Chinchilla, sdb.

RECTOR

Lic. Gilberto Aguilar Avilés

VICE-DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERIA

Ing. José Roberto Guzmán

SECRETARIO GENERAL DE LA UNIVERSIDAD DON BOSCO

Pbro. y Lic. Piere Muyshondt, sdb

PROLOGO

Como un pequeño aporte al mecánico salvadoreño, que de su puesto de trabajo, ha hecho escenario de múltiples batallas de entrega, ingenio, coraje, y que en algunas ocaciones, pecando de ingenuidad, siempre sigue adelante y sale avante, en su productiva misión, presentamos esta Tesis que aborda una rama de la mecánica general y que intenta sintetizar los conceptos cotidianos que el Calderero utiliza, para una ilustración básica adecuada del diseño de una caldera, así como el proceso de su construcción y la importancia de su utilización.

Lo que empezó siendo un recipiente hermético lleno de agua, al cual se le suministraba calor, produciendose vapor, fué quizá el comienzo de la Epoca Industrial, hoy día muy poco ha cambiado la caldera primitiva, y al igual que ayer, ésta sigue produciendo un gran beneficio al hombre.

Queremos agradecer a Fidel Blanco, profesor del Tecnológico de la Universidad Don Bosco, por haber colaborado grandemente en la elaboración de este trabajo; a Carlos Marroquín, por su ayuda en la diferentes instalaciones; a los Ingenieros Francisco DeLeón y Mauricio Hernández, por sus multiples recomendaciones y evaluaciones; al Ing. Edwin Zepeda, sin cuya orientación asesora hubiera sido imposible la ejecución de este trabajo; a Carlos Morales por su oportuna colaboración desinteresada; a Beatriz Lara y Ana Garcia, por

su apoyo mecanográfico; y finalmente, a los trabajadores del Centro de Formación Profesional de la Ciudadela Don Bosco, por su generosa colaboración.

Luis Gustavo Morán Calderón

Soyapango, 2 de Octubre de 1992.-

INTRODUCCION

Sin temor a equivocarse, el mayor problema de Latinoamérica, es el subdesarrollo de sus pueblos, caracterizado por el desempleo, desnutrición, analfabetismo, déficit habitacional, alta tasa de natalidad, salud, etc; todo esto redunda en las pésimas condiciones físicas y morales en que viven sus pobladores. La región Centroamericana no es la excepción, ni mucho menos nuestro país, en donde dicho sub-desarrollo alcanzó altas magnitudes, quizá sea la ignorancia la mayor causa de este problema; por ejemplo, en la industria se cometen grandes errores, gastos innecesarios, baja productividad y calidad, debido a la falta de conocimientos básicos necesarios.

Desgraciadamente, esto no puede ser subsanado tan fácilmente y requerirá de tiempo, conciencia poblacional y sobre todo, ardua labor, lo que permitirá una posible y acertada solución.

El presente trabajo está orientado, al estudio y análisis de una pequeña parte del Mundo Industrial, en particular, las intalaciones de generación de Vapor (Calderas), que tiene gran aplicación en nuestros días. En El Salvador, encuentran campo fértil en múltiples industrias, que van desde: Hoteleras, Hospitalarias, ingenios de azúcar, asilos, textiles, etc., y día a día, el número de éstas aumenta, y con ellas, las múltiples necesidades de

mantenimiento y eficiencia.

Para un mejor desarrollo, el trabajo está dividido en tre capítulos:
El primero, que trata los conceptos en la generación del vapor, así como, una clasificación de calderas y las partes que las componen. Para que al final de éste, resolvamos que tipo de máquina diseñaremos y construiremos.

En el segundo capítulo, se aborda los tópicos generales del diseño y cálculos de cada una de las partes y componentes que forman nuestro prototipo.

Para que en el último, se haga mención, del proceso y por menores de la construcción de la caldera.

Todo este proceso nos hace concluir, la gran importancia e ignorancia a la vez, que tiene el área mecánica de los Sistemas de Generación de Vapor. La falta adecuada de información, por un lado, y por el otro la inmensa utilidad que éstos ofrecen.

INDICE

CAPITULO I:

	Pags.
1.1 CALDERA	1
1.2 COMPONENTES	2
1.3 CLASIFICACION	2-5
1.3.1 DESCRIPCION GENERAL DE UNA CALDERA	3
1.3.1.1 CUERPO DE LA CALDERA	3
1.3.1.2 HOGAR	4
1.3.1.3 FUENTE DE CALOR	5
1.4 FLUIDOS Y MATERIALES DE CALENTAMIENTO	5-7
1.4.1 ACEITES COMBUSTIBLES	6
1.4.2 COMBUSTIBLES LIGEROS (DIESEL)	6
1.4.3 COMBUSTIBLES ORGANICOS	7
1.4.4 ELECTRICIDAD	7
1.5 CARACTERISTICAS ESPECIFICAS DE UNA CALDERA	8-10
1.5.1 PRESION	9
1.5.2 CAPACIDAD	9
1.5.3 EFICIENCIA	10
1.6 SELECCION DE UNA CALDERA	10-11

CAPITULO II:

2.0 DISEÑO DE CALDERA 12-47

2.1 DISEÑO DE LA RESISTENCIA ELECTRICA 13-14

2.2 DIMENSIONES DEL CUERPO 15

2.3 VOLUMENES DE TRABAJO 16-17

2.4 CARACTERISTICAS FISICAS DEL CUERPO DE CALDERA 18-19

2.5 CARACTERISTICAS FISICAS DE ESPEJOS 19-20

2.6 SOLDADURA 21-23

2.7 AISLAMIENTO 23-27

2.8 TUBERIA 27-33

2.8.1 SERVICIO DE VAPOR 27-31

2.8.1.1 DIAMETRO TUBERIA SERVICIO 28-29

2.8.1.2 VELOCIDAD DEL VAPOR 29

2.8.1.3 SEGUNDO METODO 30-31

2.8.2 ALIMENTACION DE AGUA 31-33

2.8.2.1 FORMA DE ALIMENTACION 32-33

2.8.3 PURGA 33

2.9 COMPONENTES: SEGURIDAD Y CONTROL 34-41

2.9.1 CONTROL DE PRESION 35-36

2.9.2 NIVEL DE AGUA 36-38

2.9.3 VALVULAS DE SEGURIDAD 39-41

2.9.4 TERMOMETROS 41

2.10 TRATAMIENTO QUIMICO 41-45

2.11 DISEÑO DE CIRCUITO ELECTRICO DE CONTROL Y SUMINISTRO 46-47

2.11.1 LISTADO DE EQUIPO 47

CAPITULO III:

3.1 PROCESO DE CONSTRUCCION 48-54

3.1.1 OBTENCION DEL CUERPO 48-49

3.1.2 COLOCACION DE COMPONENTES DE CONTROL Y SEGURIDAD 50

3.1.3 INSTALACION ELECTRICA 50

3.1.4 CONSTRUCCION DE BANCO DE TRABAJO 51

3.2 FUNCIONAMIENTO DE LA CALDERA 52-58

3.2.1 GENERACION DE VAPOR 53

3.2.2 INTERRUPCION DE FUNCIONAMIENTO 53-54

3.2.2.1 PRESION 54

3.2.2.2 NIVEL DE AGUA 54-55

3.2.2.3 TEMPERATURA 55

3.2.3 INSTALACION ELECTRICA 55-57

3.2.4 SUMINISTRO DE AGUA FRESCA 57

3.2.5 PURGA 57-58

3.3 MANTENIMIENTO 58-60

3.3.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO 58-59

3.3.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO 59-60

4.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 61-62

4.1 CONCLUSIONES 61

4.2 RECOMENDACIONES 62

5.0 BIBLIOGRAFIA 63

ANEXOS ..... 64 ss.

CAPITULO I

1.1 CALDERA

El sistema de generación de vapor, conocido comunmente como caldera, consta de un recipiente o construcción herméticamente cerrado, que contiene un líquido, en la mayoría de las ocasiones, agua, la cual se evapora a consecuencia del calor producido por la fuente de calentamiento, elevando consecuentemente la presión y temperatura al interior de la caldera.

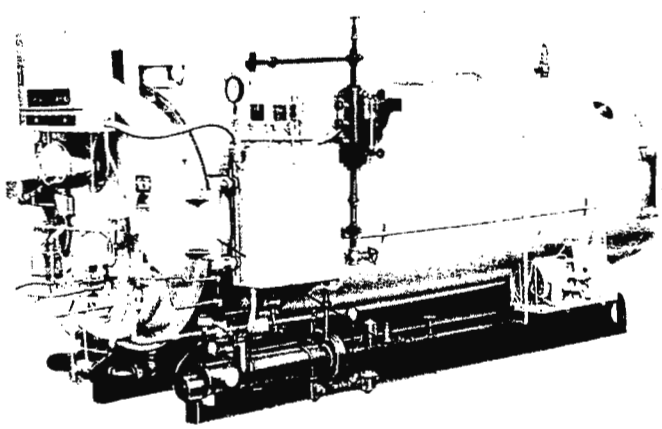


Fig. 1.1 Caldera, máquina generadora de vapor

1.2 COMPONENTES

Las calderas o generadores de vapor, están compuestos de cuerpo, hogar y fuentes de calor. El hogar es la parte de la máquina donde se lleva a cabo la combustión, y es la parte mas caliente de la caldera. El cuerpo es el conjunto de componentes quienes a su vez se dividen en partes y accesorios. Las partes del cuerpo de una caldera son los elementos necesarios para la producción del vapor; entre las partes tenemos: tubos, espejos, envolvente, etc. Los accesorios son los instrumentos que sirven para la medición de parámetros físicos que intervienen en el funcionamiento de una caldera (manómetros, termómetros, etc.) y los que automatizan la operación entre ellos: presostatos, programador, solenoide, cápsulas de mercurio, etc. La fuente de calor, es la responsable del suministro del calor necesario en la producción de vapor requerido.

1.3 CLASIFICACION

Son muchas las particularidades por las que un generador de vapor puede ser clasificado a continuación algunas de ellas:

a) Por su construcción:

- horizontales

- *verticales*

b) *Forma de calentamiento:*

- *diesel*
- *kerosene*
- *eléctricas*
- *vagazo de caña, arroz o estopas de coco.*

1.3.1 DESCRIPCION GENERAL DE UNA CALDERA

Es necesario hacer un enumerado de cada una de las partes que forman una caldera, a continuación cada una de ellas y los elementos que la forman:

1.3.1.1. CUERPO DE LA CALDERA: es la parte más voluminosa y visible ya que aquí se genera el vapor de trabajo debido a la transferencia de calor, los elementos que la forman son:

PARTES: Son el grupo de elementos necesariamente indispensables para la producción del vapor, entre estos estan:

- *envolvente*
- *tubos*
- *espejos*
- *fogón, etc.*

ACCESORIOS (Dispositivos) Este agrupa todos los elementos que sirven para la medición de los parámetros físicos en la alteración de vapor:

- *manómetros*
- *solenoide*
- *programador*
- *cápsula de mercurio, etc.*

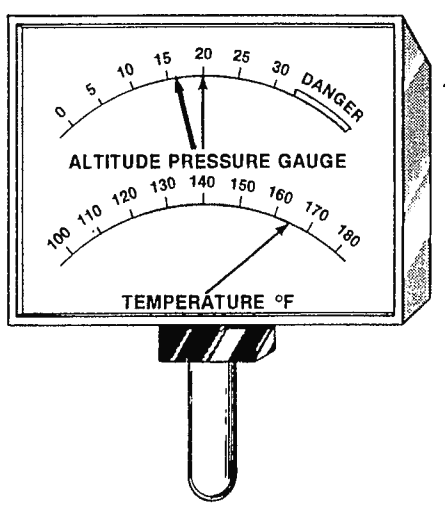


Fig. 1.2 Manómetro de presión y lector de temperatura

1.3.1.2. HOGAR: es la parte de la caldera donde se produce la combustión (del combustible), llama de combustión o calentamiento de la fuente. Es el lugar más caliente de todo el generador; algunos de los elementos que lo componen:

- *Cono*

- *Cilindro refractario*

1.3.1.3 Fuente de Calor: es la parte de la caldera que suministra el calor necesario, algunas de las fuentes:

- *Quemadores*
- *Resistencia Eléctrica*

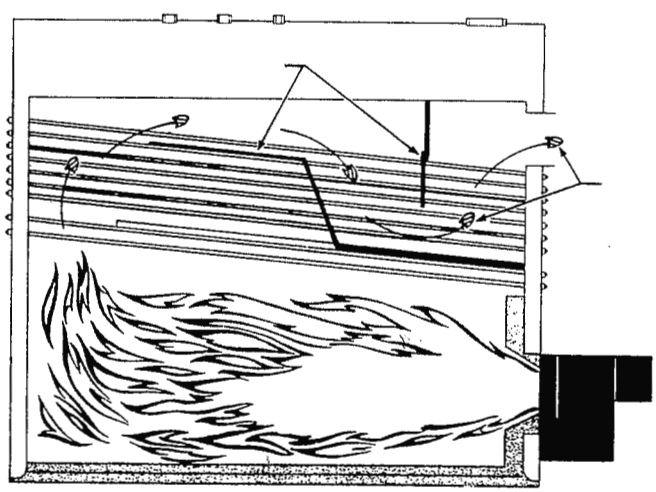


Fig. 1.3 La fuente de calor, es la responsable de generar el cambio de temperatura necesario para obtener Vapor

1.4 FLUIDOS Y MATERIALES DE CALENTAMIENTO:

Ya se ha mencionado, que una caldera puede ser calentada diferentes formas, utilizando una variedad de fuentes y medios

para lograr la transformación agua-vapor. Existen generadores de vapor que utilizan diesel, kerosene, petróleo, estopas de coco, rastrojo, resistencias eléctricas y hasta asfalto. Cualquiera de estos medios logrará la finalidad de generación de vapor. Por las características físicas y químicas de los diferentes combustibles, implica diseños de dispositivos de alimentación variado. Mencionaremos las características y aplicaciones de algunos de ellos así, como sus limitantes.

1.4.1 ACEITES COMBUSTIBLES

Estos son hidrocarburos libres de cualquier material que pudieran obstruir o dañar al quemador. Este tipo de combustible necesita un quemador o mechero, el cual expulsará una llama en forma turbulenta que calentará el agua de una caldera.

1.4.2 COMBUSTIBLES LIGEROS (DIESEL)

El aceite diesel, es un producto de la línea del petroleo sus características físicas y químicas lo hacen muy apropiado para la obtención de vapor, a esto se debe agregar que es económico en comparación de otros medios. Se quema en el hogar de la caldera, produciendo una llama abundante y constante que permite

el calor necesario.

El diesel es muy popular por su eficiencia en la generación de calor, su aceptación se dá sobretodo, en plantas industriales, comerciales y hospitalarias.

1.4.3 COMBUSTIBLE ORGANICOS

La necesidad de generación de vapor para diferentes fines, es grande e indispensable. Pero algunas veces habrá de buscarse medios más baratos y abundantes para la producción del calor. En instalaciones rurales, es muy utilizado el combustible orgánico para calentamiento de calderas, estos pueden ser: estopas de cocos, rastrojo, bagazo de caña de azucar, zacate, etc. y cualquier basura orgánica que fácilmente arda y produzca el calor necesario. Este tipo de plantas, tienen muy baja eficiencia, debido a la variación de temperatura que genera este tipo de combustible.

1.4.4 ELECTRICIDAD

Cuando la cantidad de vapor por hora trabajo no es muy grande, o cuando el espacio físico de instalación no permite otro medio,

resistencias eléctricas son utilizadas como fuentes de calor en la generación de vapor. Su eficiencia es aceptable y su mayor limitante es la capacidad de vapor que pueden producir.

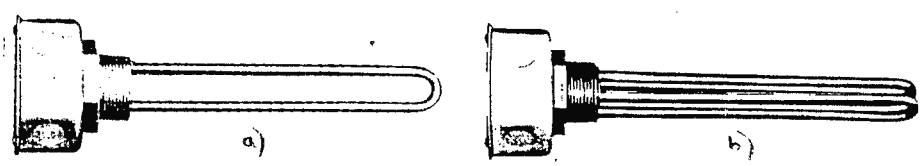


Fig. 1.4 Resistencias eléctricas de inmersión, para generar agua caliente y/o vapor.

a) Simple acción b) Doble acción

1.5 CARACTERISTICAS ESPECIFICAS DE UNA CALDERA

Existen una serie de parámetros y/o variables físicas que son determinantes en una caldera. Este tipo de características básicas, hacen diferente a una caldera de otra, según la necesidad a satisfacer. A continuación se hablará de estas especificaciones técnicas para la construcción, compra u

obtención de un generador de vapor.

1.5.1 PRESION

Es la fuerza que ejerce el fluido, sobre la superficie de la pared del recipiente que lo contiene.

Es medida con la ayuda de manómetros, los cuales leen la presión arriba de la presión atmosférica (presión relativa).

Hay calderas que trabajan a baja presión (menos de 100 psi) y otras a altas presiones (más de 100 psi), esta condición dependerá de las exigencias de trabajo o condición de las instalaciones de generación del vapor.

1.5.2 CAPACIDAD

Cuando se habla de capacidad de una caldera, se refiere a la disponibilidad que tiene ésta de generar vapor en un tiempo determinado. Generalmente la capacidad es medida en Caballo Caldera (CC ó BHP).

Comercialmente se expresa la capacidad, según el tamaño relativo de la máquina, como se demuestra a continuación:

a) Calderas pequeñas [Kcal/Hr. ó Btu/Hr.]

b) Caldera pequeña y mediana [CC]

c) Caldera grande [Kg/Hr. ó Ton/Hr ó Lbs/Hr.]

1.5.3 EFICIENCIA

Es la relación que existe entre el calor aprovechado y el calor que suministra la fuente de calor en una hora. Es decir, que la eficiencia de una caldera depende directamentede la provechamiento del calor generado por el combustible o medio de calefacción. De lo cual, la eficiencia depende de:

a) Diseño de la caldera (fuente de calor y distribución de éste).

b) Limpieza de las superficies de calor

c) Diseño de la fuente de calor y la facilidad para ajustarsele y mantenimiento.

1.6 SELECCION DE CALDERA

El diseño, compra u obtención de una caldera puede ser una acción de gran inversión, ya que su vida útil es de más o menos

25 años. Pero habrá de tenerse el cuidado necesario de considerar los factores siguientes:

a) Cálculo preciso de la demanda de vapor requerido.

Esto nos indicará, la capacidad de caldera necesaria.

b) No es recomendable pagar por una capacidad que nunca se utilizará.

c) Es importante determinar la presión que el vapor debe tener.

d) La elección es bien hecha, cuando la caldera no desperdicia combustible y/o calor generado.

e) Alimentación de agua, el agua determinará la duración y buen funcionamiento de la caldera

f) El tiempo de operación diaria.

g) Costos operación, ésto ligado al item anterior, el agua y el combustible implican de por sí, un óptimo mantenimiento.

i) Espacio disponible, así como la finalidad del vapor generado.

Con todo lo anterior, y apegandonos a los objetivos previamente fijados, se diseñará y construirá una caldera con fines didácticos, calentada con una resistencia eléctrica, de 5 BHP y a 100 psi, trabajando 4 horas en forma continua.

CAPITULO II

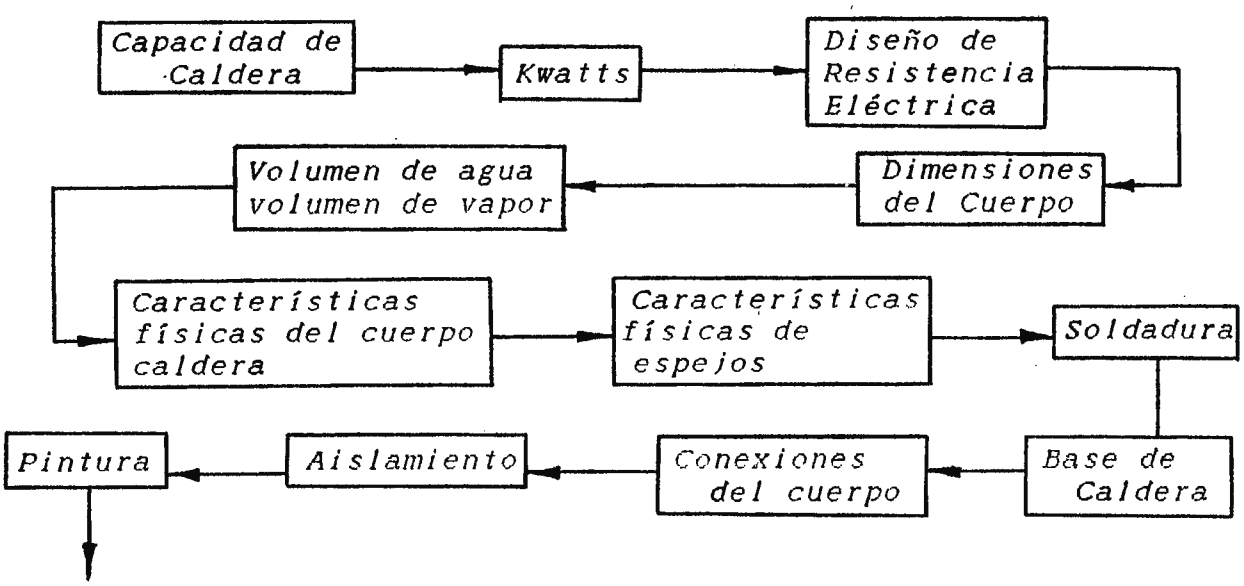
2.0 DISEÑO DE CALDERA

Para el inicio del diseño del prototipo, habrá que establecer los parámetros de trabajo de éste. En base a las calderas visitadas por el grupo de trabajo, se fijaron así:

a) Presión máxima = 100 psi

b) Capacidad = 5 BHP

Luego se determinó, el procedimiento para la obtención de las diferentes características del modelo:



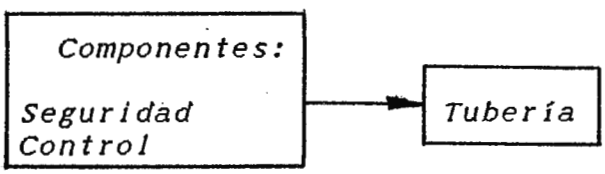


Fig. 2.1 Flujograma de cálculos y diseños.

2.1 DISEÑO DE LA RESISTENCIA ELECTRICA

El valor de la capacidad establecida, nos dará la cantidad de Kwatts que se requieren para calentar a través de una resistencia eléctrica, por esa razón se procederá al cálculo.

5 BHP	2509.63 BTU/Hr.	0.000293 Kwtts	= 3.766 Kwtts
	1 BHP	1 BTU/Hr.	

A 100 psi, de tablas de vapor se encuentra que la temperatura de ebullición es de 327.81°F, si consideramos que la temperatura ambiental promedio es de 77.0°F (25° C), de donde se puede determinar el rango de temperatura.

$$T = T_{\text{ebullición}} - To$$

$$T = 327.81 - 77.0$$

$$T = 250.8\ ºF$$

Entonces los parámetros de referencia son:

$C_c = 3.766$ kw

$T_f = 327.81$ ºF

$T = 250.8$ ºF

En base a dichos requerimientos, se escogió la siguiente resistencia: pag. 31 (1)*

T E R M O S T A T O

Kw	175 a 550 ºF	precio	peso	dimensiones	
	120/240/208 V		(16)	A(plg)	B(plg)
4/4/3	20311	135.00	13	38 3/4	34

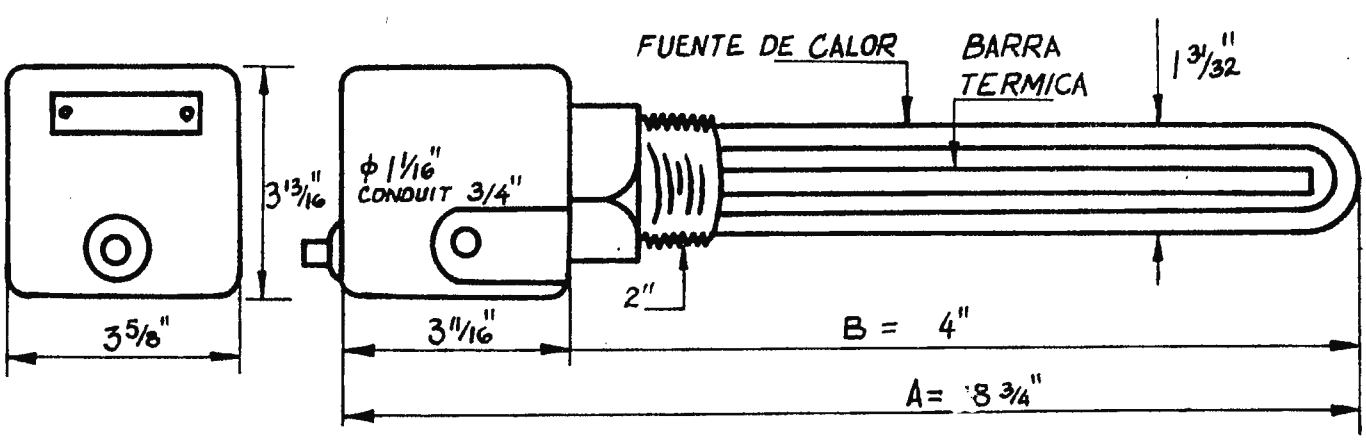


Fig. 2.2 Fuente de calor y termostato.

* ( ) Número correlativo de fuente bibliográfica

2.2 DIMENSIONES DEL CUERPO

Con las características físicas de la fuente de calor, se procederá al dimensionamiento del cuerpo de la caldera. Para los cual se respetará los criterios siguientes:

a) Distancia del piso de la caldera a parte baja de resistencia 2-4"

b) Distancia de la superficie del agua a parte alta de resistencia 4-6"

c) La resistencia deberá abarcar por lo menos 3/4 de la longitud total.

Quedándonos:

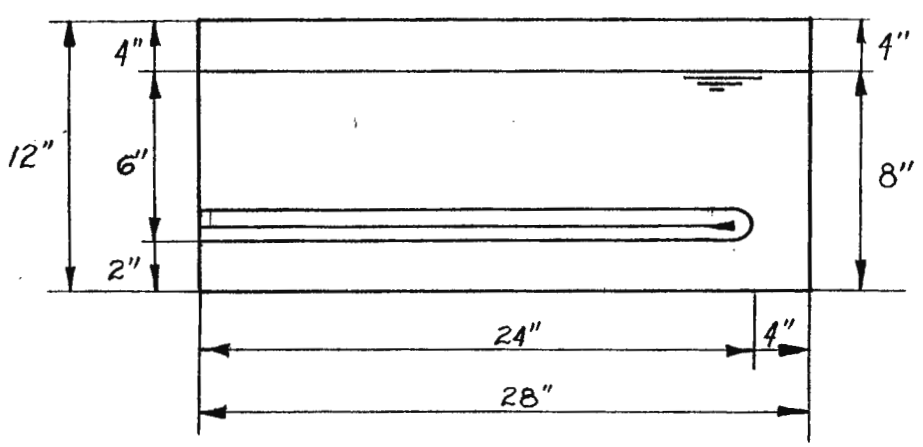


Fig. 2.3 Dimensiones del cuerpo de la caldera.

2.3 VOLUMENES DE TRABAJO

Las medidas del cuerpo son:

$D = 12\ plg.$

$H = 8\ plg.$

$L = 28\ plg.$

El volumen total de un cilíndro es:

$$V_{total} = (\pi D^2 . L)/4$$

$$V_{total} = \pi\ (12\ plg)^2\ (28 plg)/4$$

$$Vtotal = 3,166.72\ plg^3$$

pag. 404 de (2)

TABLA "VOLUMENES PARCIALES EN CILINDROS HORIZONTALES"

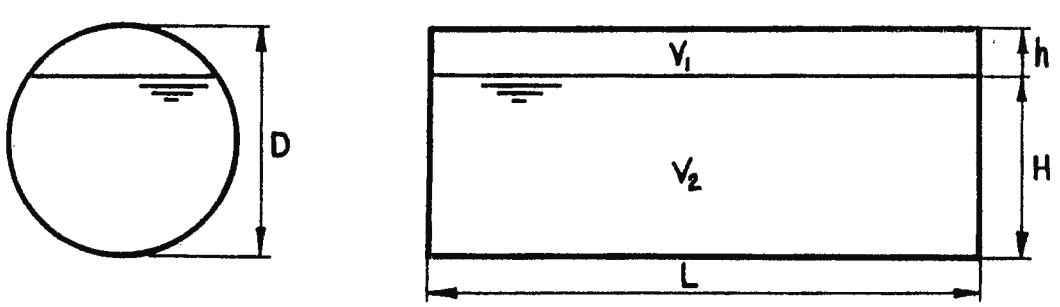


Fig. 2.4 Volumenes de trabajo.

H/D = 8 Plg./12 Plg. = 0.666 Resultado con el cual entramos a tabla y determinamos el coeficiente que relacionará los volumnes: V_1 y V_2

El coeficiente de 0.666 es = 0.739851

V_2 = Volumen parcial de agua

V_2 = Coeficiente x V_{total}

V_2 = 0.739851 x 3,166.72 Plg.

V_2 = 2,342 Plg3

Como: Vtotal = Volumen parcial de agua + Volumen parcial de vapor

V_{total} = V2 + V_1

Entonces: V_1 = Vtotal - V_2

V_1 = 824.72 Plg3

Relación de Volumenes = Vvapor/Vagua = 824.72 plg3/2342plg3

= 0.352

= 0.35

2.4 CARACTERISTICAS FISICAS DEL CUERPO DE CALDERA

P = Presión de diseño o máxima de trabajo = 100 psi

S = Valor del esfuerzo del material (pag. 139 de (2))

= 13.8 x 10^3 lb/pl^2 (Lámina de acero SA-285, resistente a esfuerzos térmicos entre las temperaturas -20 a 650°F)

E = Eficiencia de la junta (pag. 142 de (2)) = 0.85 (Junta a tope de doble cordón de soldadura)

R = Radio interior = 5.90 plg.

D = Diametro interior = 11.81 plg.

t = espesor de la pared = 0.125 plg (1/8")

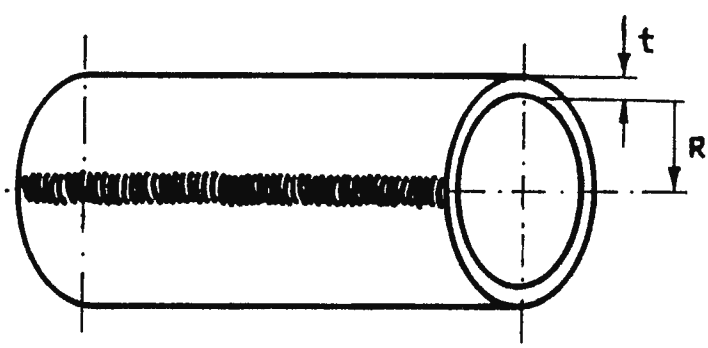


Fig. 2.5 Parámetros de Carcaza de la caldera

Pag. 18 de (2) Presión interna de recipientes

$$t = PR/(SE + 0.4P$$

$$S = ((PR/t) - (0.4P))/E$$

$$S = (((100Psi)(5.9Plg))/0.125Plg) - (0.4)(100Psi))/0.85$$

$S = 4,672.94$ Psi Como el $S_{max.} = 13,800$ Psi

Strabajo < Smax. El material resiste los esfuerzos.

2.5 CARACTERISTICAS FISICAS DE ESPEJOS

t_r = *Espesor mínimo del casco sin costura = 0.243"*

th = Espesor real de la cabeza = ?

E = Eficiencia de la junta = 0.85

P = Presión de diseño = 100 psi

d = Diámetro interior del casco = 11.81 plg.

S = Valor máximo del esfuerzo permitido=13.8 x 103 Psi (lámina de acero SA-285C)

t = Espesor mínimo = ?

t_s = *Espesor real de casco = ?*

Pag. 26 de (2)

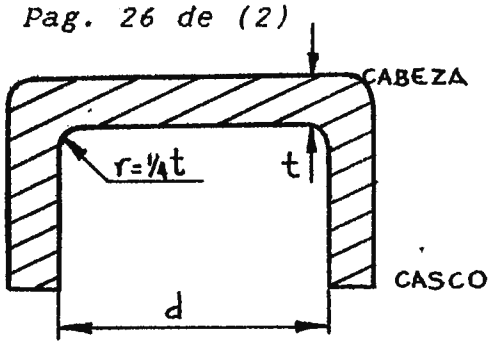


Fig. 2.6 Dimensiones de espejos.

Espesor mínimo para cabeza:

t = d 0.13P/SE *Esta fórmula es válida si:*

a) d no excede de 24"

b) th/d no sea menor de 0.05 ni mayor de 0.25.

c) El espesor de la cabeza th no sea menor que el espesor del casco ts.

$$t = 11{,}81" \sqrt{((0.13)(100\ Psi)/(13.8x10^{3}\ Psi)(0.6)}$$

$$t = 11.81" \sqrt{(13)/(11730)}$$

$$t = 11.81" \sqrt{1.1x10-3}$$

$t = 0.393$ Plg. $\qquad th = 1/2$ plg.

Comprobando resultados: $th/d = (1/2\ plg)/8\ plg = 0.0625$

Entonces: $0.05 < th/d < 0.25$ El resultado procede.

Las dimensiones del casco serán las mismas de la cabeza para este tipo de espejos.

2.6 SOLDADURA

TIPO DE UNION

En el capítulo anterior, se determinó el tipo de unión a realizarse, a tope. Esto debido a que no puede existir ranuras o espacios traslapados por que en estos se alojaria la humedad, facilitando la de oxidación y futuro debilitamiento de la estructura.

Pag. 142 de (2).

TIPOS (UW-12)	ESPECIFICACION	EFICIENCIA JUNTA	LIMITACIONES
	Juntas a tope hechas por doble cordón de soldadura	0.85	Ninguna

ELECTRODO

La unión de las partes metálicas se hará por medio de arco eléctrico, y para asegurar el buen trabajo de la caldera, será necesario la determinación de un electrodo adecuado:
Se eligió la marca UTP por antecedentes favorables.

Pag. 25 de (3).

El electrodo para nuestras necesidades es: UTP 613 Kb, bajo la norma: AWS E7018.

Campo de aplicación: El electrodo UTP 613 Kb, es utilizado en la soldadura de estructuras, calderas, tuberías de acero de grano fino, también como para aceros con más de 0.6% C.

PROPIEDADES MECANICAS DE LA SOLDADURA:

Esfuerzo de Seguridad (Psi)	Esfuerzo de Tensión (Psi)	Elongación L = 5d	Esfuerzo Impacto (lb/pie)	Dureza Brinell
68,000	82,000	32	121	170

Tipo de corriente: dc ó ac.

Corriente:

Electrodo	∅ Plg	3/32	1/8	5/32	3/16	1/4
	∅ mm	2.5	3.25	4	5	6
Amperaje	A	80-100	110-150	140-200	200-260	210-350

2.7 AISLAMIENTO

Es importante mantener la energía producida por la fuente de calor, esto no solo significa un mayor aprovechamiento del calor en la generación de vapor, sino además, un considerable ahorro económico de combustible o energía eléctrica de la fuente de calor. Todo esto nos obliga a la busqueda de aislamiento

adecuado de nuestra máquina, para asegurar la conservación del calor producido.

Determinación de necesidades de aislamientos:

Antes de proceder a cualquier cálculo de aislamiento, es necesario determinar si el aislamiento procede en nuestro prototipo, para lo cual utilizaremos el método del Radio Crítico, el cual consiste en comparar al radio máximo de transferencia de calor con el radio de la carcasa de la caldera; cumpliendose las siguientes relaciones:

Rcrit. > Rcarcasa No necesita aislamiento

Rcrit. < Rcarcasa Se necesita aislamiento

Si: $R_{crit.} = K/h_{ext}$

De donde: K = constante de transferencia de calor de aislante (fibra de vidrio = 0.33 W/m.°C)

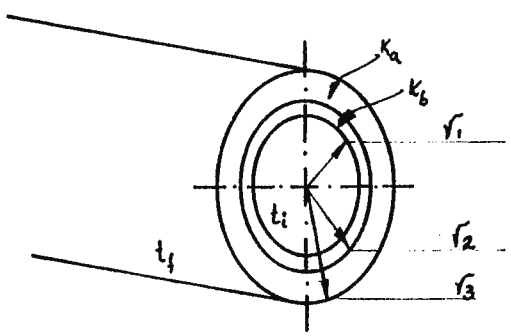
h_{ext} = Coeficiente de película con el exterior (5 $W/m^2.°C$)

$$R_{crit.} = \frac{0.33\ W/m\ °C}{5\ W/m^2\ °C} = 0.066\ m = 2.36\ pulg.$$

Como: Rcrit. << Rcarcasa **DEBERA AISLARSE.**

En primer lugar calcularemos el espesor y material adecuado del aislamiento, teniendo encuenta los factores de transferencia de calor, donde supondremos una temperatura final igual a la ambiental, 77.0°F (25°C), con un calor inicial de 12549.48 BTU/Hr.

CALCULOS:



$$q = (2.\ .L.(t_i - t_f))/((Ln\ (r_2/r_1)/K_m) + (Ln\ (r_3/r_2)/K_b))$$

Que representa el calor perdido.

De pags. 492 y 493 de (1)

Para acero 1%C y 392°F

$K_m = 24$ BTU/Hr.pie.°F

De tabla ASTMC 177 de (2)

Para 327.81°F

$K_b = 0.48$ BTU. Plg/Hr.Pie².°F

$K_b = 0.04$ BTU/Hr.Pie.°F

$$q_r = \frac{(2\ \ (3.54Pie)(327.81 - 77.0)°F}{\frac{Ln\ (9Plg/(9-3/8)Plg)}{24\ BTU/Hr.Pie.°F} + \frac{Ln((9+1)Plg/9Plg)}{0.04\ BTU/Hr.Pie.°F}}$$

$$q_x = \frac{5578.65}{2.6342\ Hr/BTU}$$

$$q_x = 2145.63\ BTU/Hr.$$

$$q = q_x/q_o$$

$$q = (2145.63\ BTU/Hr)/(2,549.48\ BTU/Hr)$$

$q = 16.87\ \%$ Del calor generado se perderá

Se escogerá un aislante de 1" de espesor de fibra de vidrio, como lo denota la siguiente tabla (Pag. 5, (2)).

Espesor	Ancho	Largo	Especificación	Descripción
1"		48'	MIL-I-24244B	El aislamiento para
1 1/2"	36"	32'	HH-B-100B	tanques y tuberías
2"		24'	Clase 7 y 8	es semirígidas, fibra de vidrio en forma enrollada un factor aplicado ASJ.

2.8 TUBERIA

2.8.1 1) SERVICIO DE VAPOR.

a) Supondremos una línea de vapor de 100 pies de largo.

b) Presión de abastecimiento es de 100 psi.

c) Presión de consumo es de 95 psi.

d) Se supondrá que al final de la línea, un intercambiador de calor requiere 100 lb/hr del vapor generado.

Se determinará el diámetro de la tubería necesaria.

2.8.1.1 a) Diámetro tubería servicio.

Habiéndose determinado la presión requerida en el lugar de utilización, el diámetro de la tubería se establece de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$F = (P_1 - P_2)/L$$

Donde:

P_1 = Factor basado en la presión inicial

P_2 = Factor basado en la presión final

L = Longitud equivalente de tubería

F = Factor de caida de presión.

P_1 y P_2 se determinan a partir del cuadro 2-2 pag.31 (4).

P_1 (a 100 psi) = 9790

P_1 (a 95 psi) = 8980

$$F = (9790 - 8980)/100$$

$$F = 8.10$$

De la tabla 2-3 Pag. 35 (4).

Solo aparecen los factores 8.0 y 10.0, localizados entre 8.1,

tomaremos el factor menor más cercano al calculado, entonces 8.0 y según las necesidades de servicio:

Diámetro	Lb/Hr
1/4"	62
3/4"	180

Ya que el flujo de vapor requerido es de 100 Lb/Hr, seleccionaremos tubería de 3/4" de diámetro.

2.8.1.2 b) <u>Velocidad del vapor:</u>

Del cuadro 2-3 para 100 Lb/Hr y 3/4" de diámetro:

Y = 90Pie/seg (27.43 Mt/seg)

Del cuadro 2-2 a 100 Psi

Volumen = 3.9 Pie^3 [0.24 Mt^3/Kg]

De donde:

Y = (Velocidad real)(10 Pie^3/Lb)/Volumen.

O sea,

Velocidad real = Y.Volumen/10 Pie^3/Lb

Vr. = (90pie/seg)(3.9pie^3/seg)/[10pie^3/seg.]

Vr.= 35.10 Pie/seg.(10.69 m/seg)

2.8.1.3 SEGUNDO METODO

En este proceso, supondremos una velocidad del flujo entre 80 y 120 pie/seg, (valor comprobado para vapor saturado) y además nos servirá de comprobación del valor ya determinado del diámetro de tubería.

Para nuestro caso, supondremos: 80 pie/seg a 100 psi.

Del cuadro 2-2 a 100 psi: 3.9 Pie³/Lb.

Y = (80 pie/seg)(10 pie³/Lb)/(3.9 pie³/lb)

Y = 205 pie/seg.

En el cuadro 2-3 se busca el diámetro de la tubería correspondiente a 100 Lb/Hr de vapor y 205 pie/seg. Podemos observar que más corresponde a una tubería de 1/4" con un factor de caída de presión de 20.

Factor	Diámetro	Lb/Hr	Pie/seg
20	1/4"	101.1	202.2
		114.0	228.0

Deacuerdo a estos datos: (9790 - P_2)/100 pie = 20

Entonces:

$P_2 = 9790 - (20)(100\ pie)$

$P_2 = 7790$ *Que según el cuadro 2-2, es más o menos el equivalente a una presión de: 87 Psi.*

Lo cual indica que instalando una línea de 1/4" de diámetro en lugar de una de 3/4", la presión en el intercambiador estaría por debajo de las condiciones de diseño, lo que nos indica que la decisión de escoger una tubería de 1/2" o más resulta ser adecuada, por razones de una evacuación más rápida y por disponibilidad en la construcción, se escogerá una tubería de 3/4".

Diámetro tubería de servicio: 3/4".

2.8.2 2) ALIMENTACION DE AGUA

$V_{max.} = V_{parcial\ agua} = 8700.6\ Plg^3$

Si consideramos como volumen mínimo permitido de agua, el que se registra a 1 plg. arriba de la resistencia eléctrica.

El cual es determinado de la siguiente manera:

Pags. 404 y 405 (4)

$H/D = 4\ Plg/12\ Plg$

$H/D = 0.333$

De la tabla de volumenes parciales:

El coeficiente de 0.333 es = 0.258815

$V_{parcial\ agua\ minima} = V_{total} \times Coeficiente$

$V_{parcial\ agua\ minima} = (3166.72\ Plg^3)(0.258815)$

$V_{parcial\ agua\ minima} = 819.47\ Plg^3$

Entonces:

$V_{agua} = M_{max.} - V_{min.}$

$V_{agua} = 2,342.91\ Plg.3 - 819.47\ Plg.^3$

$V_{agua} = 1,523.44\ Plg^3$

Que será la cantidad de agua que deberá llenarse en el momento de vacío hasta el volumen máximo de trabajo.

2.8.2.1 Forma de alimentación.

La alimentación de agua a la caldera, se realizará por gravedad por lo cual, esto se realizará únicamente cuando el équipo se encuentre en reposo (P=0). Y la entrada del agua será en el espejo opuesto a la colocación de la resistencia.

Como el suministro de agua se realizará cuando la máquina este totalmente parada, el diámetro de la tubería destinada a realizar esto, no tendrá mayor especificación técnica. Utilizaremos una tubería galvanizada de 1/2" de diámetro.

2.8.3 3) PURGA

La purga de una caldera, lleva como finalidad primordial el desalojo de sólidos, herrumbres, lodos, etc., y cualquier otro tipo de cuerpo extraño que en nada interviene en la generación del vapor y que por lo general, se alojan en el fondo de la máquina, interfiriendo en la producción del vapor, por lo cual su desalojo es muy necesario.

Como nuestra caldera tiene fines didácticos y no de producción, dichas purgas se harán con poca frecuencia y estando la máquina totalmente parada. Por lo cual una tubería de 3/4" de diámetro, es más que suficiente para nuestros propósitos.

Diámetro de purga: 3/4"

2.9 COMPONENTES: SEGURIDAD Y CONTROL

Son muchas las variables que deberán ser controladas, más existen algunas que en forma muy especial, necesitarán seguirseles cuidadosamente el cambio que experimenten, componentes diversos, tanto de CONTROL (que determirán el funcionamiento de la caldera), como los de SEGURIDAD (que asegurarán la vida de la máquina y el operario).

Los principales componentes regularmente utilizados, son:

CONTROL	SEGURIDAD
- De presión	- De presión
- Nivel de agua	- Nivel de agua
- Temperatura	- Válvulas de seguridad
	- Pilotos y timbres.

A continuación describiremos el funcionamiento y características de cada uno de ellos:

2.9.1 a) Control de Presión:

El controlador de presión es un interruptor que mueve el borne de encendido y apagado, accionado por en la presión del vapor. Además controla el rango de presión de operación de la caldera. Por ejemplo, con un rango de operación entre 3 a 6 psi, cuando la presión del vapor en la caldera baja a 3 psi, el borne enciende el dispositivo de calentamiento de la máquina y cuando la presión de trabajo, alcanza los 6 psi, el borne, regresa a apagado.

Generalmente, el controlador de presión es localizado en la parte alta de la caldera, para asegurár así, la lectura de presión del vapor. A veces es protegido con un sifón, que suaviza la presión de vapor que llega a él, y además es acompañado de un manómetro.

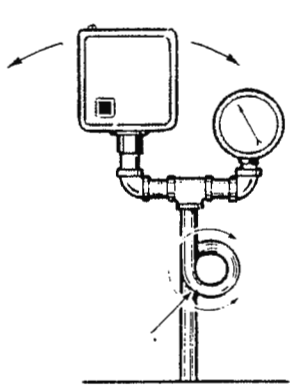


Fig. 2.7 Control de presión acompañado de un manómetro de reloj

El cual es usado para indicar varias presiones en el sistema de trabajo, las cuales son calibradas en Psi. El manometro de la presión del vapor, determina en Libras por Pulgadas cuadradas cuanta presión hayen la caldera. Generalmente, el controlador de presión es colocado en la parte alta de la caldera, y con una localización que permita una fácil vista al operador.

Básicamente el manometro de presión de vapor, tiene un tubo ovalado. Este tubo es llamado BOURDON, en honor al científico francés, Eugene Bourdon, quién ayudó a desarrollar el marcador de presión de vapor. El extremo abierto del tubo de Bourdon, es conectado adentro de la caldera y el final cerrado, es conectado a la cremallera que controla la posición de la aguja lectora.

2.9.2 b) Nivel de agua:

Una columna de agua es usada para reducir el movimiento del agua con que opera la caldera, y obtener una lectura del nivel de agua en el visor medidor. El nivel de agua en el vídrio medidor, indica la posición de la superficie del agua dentro de la caldera. Cuando la caldera está produciendo vapor, el agua

dentro de ella está en constante movimiento, haciendo muy dificil determinar la cantidad de agua dentro de la máquina.

Todas las calderas deberán tener dos métodos de determinación del nivel del agua. El tubo de vidrio es el primero y el más facil de los métodos para la determinación del nivel de agua. La PRUEBA DE LLAVE provee el segundo método para hallar la altura del agua dentro de una caldera.

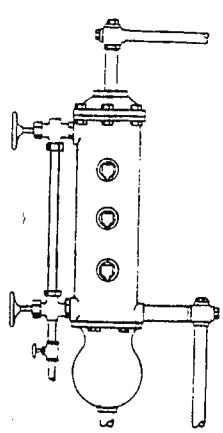


Fig. 2.8 Prueba de llave, es un método para determinar la altura de agua.

La Prueba de Llave consiste en diferentes válvulas que son abiertas y cerradas manualmente. Puede además funcionar con válvulas que debido a su peso permiten obstruir la operación cerrando el orificio de salida. Cuando se observa el Probador de Llave, se determina el nivel de agua dentro de la caldera con la ayuda de un Nivel de Agua de Operación Normal (NOWL) cerca de la mitad del vidrio graduado, el agua entra en la parte baja del Probador de Llave, cuando esta se encuentra abierto. La mitad del

probador descarga una mezcla de vapor y agua mientras la parte alta, mantiene aún vapor. La descarga de vapor de la parte baja del probador, indica una condición de bajo nivel de agua dentro de la caldera.

Otra de las formas utilizadas para controlar el nivel de agua, es por medio de electrodos, quienes transmiten una señal eléctrica deacuerdo al nivel de agua existente. Cuando se alcanza la máxima posición de agua, el electrodo destinado para ésta lectura, manda una señal que indica la obtención del nivel dado, y que en forma automática, la alimentación de agua se suspende. De igual forma, el nivel mínimo es controlado por otro electrodo y cuando ésto sucede, una señal eléctrica determinará el inicio de la alimentación de agua para su pronta recuperación.

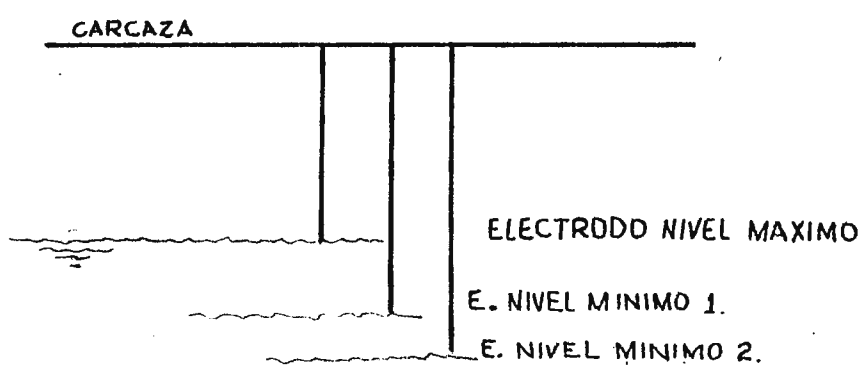


Fig. 2.9 Control de nivel de agua, por medio de electrodos

2.9.3 c) Válvulas de Seguridad

El propósito de toda válvula de seguridad, es preveer la presión en exceso permisible dentro de la caldera durante su funcionamiento. Muchos inspectores de calderas, aseguran que la Válvula de Seguridad, es la más importante de las válvulas en un sistema generador de vapor. Para calderas de baja presión, el vapor dentro de ellas no podrá exceder los 15 psi. Si la presión fuera a acender sobre los 15 psi, la válvula de seguridad se abriría, previniendo de esta forma a la caldera de una segura explosión. Las válvulas de seguridad estan localizadas en la parte alta del lugar donde se genera el vapor en la máquina y conectada directamente a la carcasa de la misma. Es recomendable que no exista ninguna válvula entre la válvula de seguridad y la caldera.

La capacidad de una válvula de seguridad es medida en función de la cantidad de vapor que puede ser descargado por hora. Dicha capacidad es identificada en la placa que toda válvula trae consigo. Por ejemplo, si la capacidad es fijada en 6,900 Lbs., la válvula de seguridad puede descargar 6,900 Lbs de vapor por hora. La válvula permanecen abiertas hasta que una suficiente cantidad de vapor ha sido liberada y hay una

suficiente caida de presión dentro de la caldera. Esta caida de presión es conocida como caida de viento (blowdown) Estas válvulas son hechos para cerrar sin traqueteo o chillido. El traqueteo ocurre cuando una válvula es abierta y cerrada rápidamente.

En muchos lugares, el único tipo de válvula de seguridad disponible para calderas de vapor, son los del tipo de Resorte Cargado. Muchas de este tipos de válvula de seguridad no tienen forma de ajustar los valores de trabajo y preveer su operación normal.

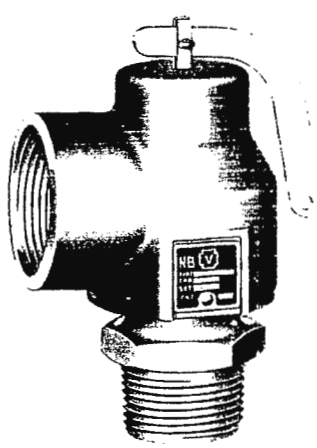


Fig. 2.10 Válvula de seguridad

Las válvulas de seguridad deberán ser probadas para asegurar su buen funcionamiento. Son probados manualmente levantando la Palanca de Prueba.

En acorde a la VI Sección del código ASME, toda válvula de seguridad deberá ser probada manualmente, por lo menos cada 30 días para una caldera en operación.

2.9.4 d) Termómetros:

La lectura de la temperatura del vapor generado, resulta de mucha importancia especialmente en la línea de servicio donde una variación significativa de éste parámetro, resulta un mal funcionamiento del equipo que lo utiliza.

2.10 TRATAMIENTO QUIMICO

Incrustaciones son formadas debido a la presecia de minerales en el agua de alimentación de una caldera. Cualquier tipo de agua, por limpia que se observe, contiene minerales. Estos minerales (o sales), no crean problemas cuando estan disueltos como solución y/o en pocas cantidades dentro del agua

de alimentación. Sin embargo, el agua puede contener muchos de éstos minerales. Cuando el concentrado de sólidos, es muy significativo, éstos forman incrustaciones (depósitos minerales en forma de capa o pared). El agua que contiene grandes cantidades de minerales, es llamada AGUA DURA, y la que tiene poca cantidades: AGUA SUAVE.

Cuando el agua es transformada en vapor, los minerales presentes se fijan el cuerpo de la caldera, formando de esta forma una caparazón en las superficies de la máquina, interfiriendo de ésta forma, en la producción del vapor.

Las incrustaciones, causan serios problemas en una caldera, ya que actúa como un aislante que poco permite la transferencia de calor al agua. Esto dá como resultado, que para generar la misma cantidad de vapor, habrá de gastar mayor cantidad de combustible o fuente de energía, para producir el calor necesario, con el consiguiente aumento de costo de producción.

En las tuberías, las incrustaciones extrechan el área de circulación, restringiendo el libre tránsito del flujo de vapor y del agua.

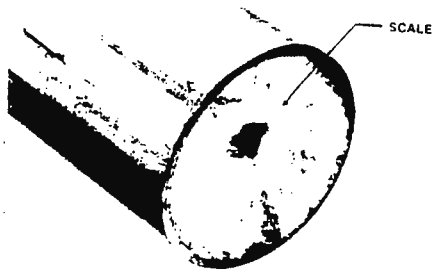


Fig. 2.11 La escoria, puede obstruir tanto tub tubería, que su funcionalidad es minimizada.

La formación de las incrustaciones, es prevenida mediante el agregado de químicos al agua de la caldera. Estos químicos cambian a los minerales dentro de una capa no adherible. Para remover la capa, esta deciende hasta al fondo de la caldera y es expulsada por una línea de desalojo (purga). Todo esto permite, el desalojo de los minerales y previene la posible formación de incrustaciones.

El oxigeno del agua utilizada en una caldera, causa corrosión, dañando el metal de la máquina. Dos métodos son utilizados para eliminar el problema del oxígeno. Un método es el de calentar el agua antes de que entre al interior de la caldera, para remover el aire. El otro método, es el de agregar químicos que combinan con el oxígeno para su neutralización. El sulfito de Sodio es un des-oxidante que es muy utilizado en el tratamiento de agua para calderas.

Los químicos para prevenir las incrustaciones y reducir la acción del oxígeno, son usualmente agregados dentro del agua de la caldera, usando un bypass fuder (depósito de paso). Este dispositivo es instalado en la línea de descarga de una bomba o línea de alimentación de agua fresca.

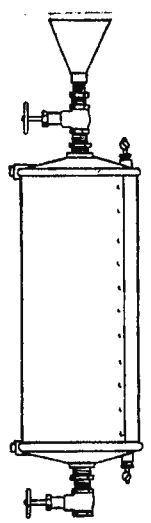


Fig. 2.12 Tanque donde se agregan los compuestos químicos.

Las incrustaciones que se forman más comunmente en una caldera que trabaja con agua, son: a) Hierro + sílice

b) Alto contenido de Hierro

c) Incrustaciones "Normales".

En base al resumen de datos y teniendo en cuenta las necesidades y limitaciones:

a) Construiremos una caldera aislada con material de fibra de

vidrio, de 1" de espesor,

b) Las tuberías de purga y servicio, serán de 3/4" de diámetro,

c) La tubería de alimentación de agua fresca, será de 1/2", hierro galvanizado,

d) Se colocará un manómetro,

e) El control de nivel de agua, será por medio de electrodos,

f) La válvula de seguridad que se colocará, de 1/2" de diámetro,

g) Un termómetro de columna de mercurio (de los utillzados en laboratorios de química), se instalará para control de temperatura de la caldera,

h) Finalmente, se agregarán compuestos químicos para la suavización del agua de trabajo, ésto cuando el trabajo lo exija.

2.11 DISEÑO DE CIRCUITO ELECTRICO DE CONTROL Y SUMINISTRO

El suministro del flujo eléctrico es indispensable para la generación del calor que se necesita en la transformación del agua a vapor. Pero esto deberá ser controlado para poder proporcionar dicho calor en el momento y cantidad adecuada. Otros variables físicos, además de la temperatura, requieren de un control apropiado. La presión de trabajo y el nivel del agua dentro de la caldera, igualmente serán controlados por componentes electro-mecánicos (antes ya descritos) que emitirán una señal eléctrica a determinados dispositivos de conexión y desconexión de la caldera.

A continuación se presenta el listado de componentes eléctricos utilizados, con sus respectivas especificaciones técnicas, así como el circuito eléctrico diseñado:

2.11.1 Listado de equipo:

No.	DESCRIPCION	CANT.	ESPECIFICACION
1	Termostato	1	250V, 15A de 0 a 3000
2	Control Nivel de Agua	1	
3	Contactor Normal Abierto	3	115V, 60 Hz, DIL 0-22 NA
4	Contactor Normal Cerrado	1	115v, 60 Mz, DIL 0-22 NC
5	Botonera Normal Abierta	1	
6	Botonera Normal Cerrada	2	
7	Control de Presión	1	
8	Bobina	1	
9	Transformador	1	J-454 Prim. 117 Sec.28V
10	Timer (Relé tiempo)	1	600v, 10A, 0-10Seg.
11	Timbre	1	110v
12	Resistencia eléctrica	1	220V, 3500W
13	Piloto color verde	2	3SB1400-2A, 2.5W, 250V
14	Piloto color rojo	2	RCa 470, 3W, 150V

El circuito resultante es presentado en Anexo I, Pag. donde se puede observa cierta numeración por nudos, la cual será utilizada para explicar el funcionamiento del circulto, en posterior apartado (Pags.55-57).

CAPITULO III

3.1 PROCESO DE CONSTRUCCION

El proceso de fabricación de la caldera implicó la realización de los pasos siguientes:

a) Obtención del cuerpo.
b) Colocación de componentes de control y seguridad, así como los de suministro.
c) Instalación eléctrica
d) Construcción de banco de trabajo.

3.1.1 a) Obtención del cuerpo: Basandonos en el diseño antes explicado, y teniendo encuenta las limitaciones de recursos se procedió a la obtención de un recipiente adecuado que cumpliera con las exigencia. El tanque presentaba un buen estado superficial, a excepción de una pequeña fisura de unos 10 cms. de largo por 2 cms. de ancho, se procedió a la limpieza y

uniformidad de la superficie resultante, para luego calzarla con soldadura eléctrica, utilizandose para ésto un electrodo E6013. Una vez rellenado el agujero, se procedió al limado para la obtención de una superficie uniforme. El espesor del recipiente es lo suficientemente resistente para los fines deseados, habiendo sido necesario verificar los cálculos con el espesor de pared del recipiente a utilizar.

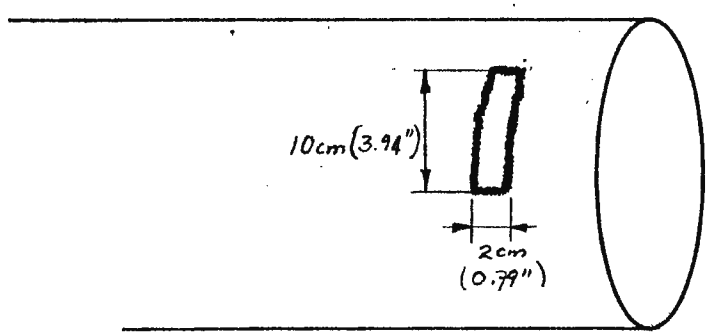


Fig. 3.1 Debido a las limitantes de tiempo y económico, se obtuvo un recipiente en condiciones aceptables.

3.1.2 b) Colocación de componentes de control y seguridad:

Una vez finalizado el proceso de reconstrucción de la carcaza, se continuo con la colocación de los componentes de control y seguridad, así como los de suministros. Para lo cual fue necesario la ejecución de agujeros en la carcaza, con características propias según su utilización, para luego soldar los accesorios (de Hierro Negro) que comunican el cuerpo de la caldera con los componentes o circuitos de suministro.

Cuando esta operación fué finalizada, se continuó con la prueba hidrostática, que aseguraría la utilización del recipiente y de las soldaduras en los accesorios. Dicha prueba consiste en el suministro de agua, por medio de una bomba de alta presión de tipo manual, la cual proporciona una presión mayor a la de trabajo, sí el recipiente resiste dicha prueba, el buen funcionamiento y operación de la caldera, será confiable.

3.1.3 c) Instalación Eléctrica:

El circuito eléctrico antes mencionado, el cual controla el buen

funcionamiento de la caldera, se colocó en una bandeja que forma parte del banco de trabajo, tratandose que los cables de interconexión quedaron lo más ordenados posible para mejor funcionalidad y presentación del sistema. Los pilotos e interruptores, se colocaron en un panel de control adecuadamente instalado en el panel de trabajo.

3.1.4 d) Construcción de banco de trabajo:

Para facilitar la operación del equipo fué necesario la construción de un banco de trabajo, que cumpliera con los siguientes requerimientos:

1) Robustes suficiente para soportar el peso de la máquina
2) Diseño adecuado, que permita un fácil y adecuado manejo
3) Diseño que permita el suministro de agua fresca
4) Permita la colocación de una pizarra para resultados.
5) La ubicación adecuada del sistema eléctrico.

El diseño del banco resultante, es el siguiente:

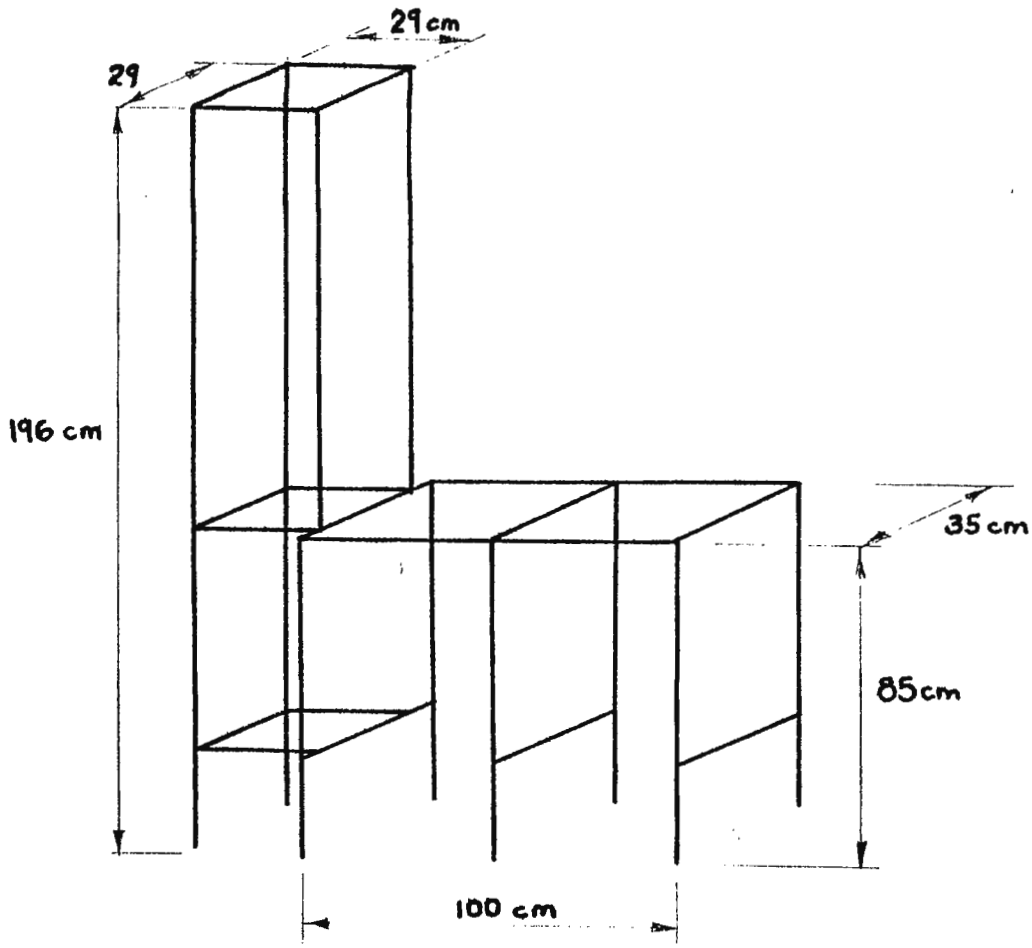


Fig. 3.2 Banco de trabajo.

3.2 *FUNCIONAMIENTO DE LA CALDERA*

Para tener una idea mas adecuada de cual es el funcionamiento de la máquina, dividiremos su accionar en cuatro operaciones diferentes:

a) generación de vapor

b) interrupción de funcionamiento

b.1) presión

b.2) nivel de agua

b.3) temperatura

c) suministro de agua fresca

d) instalación eléctrica

e) purga.

A continuación se detalla cada una de ellas:

3.2.1 a) GENERACION DE VAPOR:

Una vez encendida la máquina, pasarán algunos minutos, y el agua dentro de la caldera, empezará a transformarse en vapor esto debido al calor producido por la resistencia eléctrica, dicho vapor podrá descargarse a través de una tubería de distribución hasta el punto de su utilización.

3.2.2 b) INTERRUPCION DE FUNCIONAMIENTO:

El suministro de la energía eléctrica que hace posible el funcionamiento de la resistencia y por consiguiente, la marcha de máquina, será interrumpida cuando cualquiera de las variables

físicas (presión, nivel de agua y temperatura), experimente un cambio fuera de nuestros rangos de trabajos:

3.2.2.1 b.1) PRESION: toda caldera trabaja a una cierta presión la cual es la adecuada para conseguir el vapor necesitado, además de las características físicas del material de la carcasa, estan tomadas teniendo en cuenta, dicha presión de trabajo. Arriba de la cual, no obtendrá las características de vapor necesitadas y la máquina, corre mucho peligro de un explosión, debido a la sobre presión. La cual es de mucha importancia saber controlar; una de las formas es la de cortar el suministro de calor, quien es el responsable directo de la generación de vapor y elevación de la presión, y cuando esto falla, la válvula de seguridad entrará en acción (antes explicada).

3.2.2.2 b.2) NIVEL DE AGUA : el agua dentro de la caldera es transformado en vapor debido al calor gererado por nuestra resistencia. Cuando la cantidad de agua transformada ha disminuído el nivel de agua dentro de la máquina, su reestablecimiento es muy necesario. De no suceder esto, mucho calor producido, no se aprovechará y por otro lado, la caldera corre peligro de fundirse y arruinarse

por estar trabajando sin agua. Cuando el nivel de agua mínimo (NAM) es alcanzado, y mientras esto no haya sido realizado, la máquina no encederá.

3.2.2.3 b.3) TEMPERATURA: La temperatura dentro de una caldera tiene una gran importancia, ésta vinculada directamente con la presión de trabajo. En nuestra máquina, la temperatura será controlada por un termostato que esta compuesto por un bi-metálico, el cual al alcanzar la temperatura máxima deseada, se dilata desconectando de ésta forma un switch que interrumpe el suministro de energía eléctrica a la resistencia. Y cuando la temperatura mínima se registra dentro de la caldera el bi-metálico vuelve a su estado original, conectada nuevamente los terminales del switch, y de esta forma se reanuda el funciónamiento de la máquina.

3.2.3 c) INSTALACION ELECTRICA:

Al energizarse nuestro circuito, el flujo eléctrico encuentra primeramente una Botonera Normalmente Cerrada, la cual tiene como función principal la interrupción de la energía eléctrica cuando cualquier eventualidad ocurra durante el funcionamiento de la caldera. Luego el flujo llegará al nudo 1, encontrando dos vías

de acceso; una le guiará a un Contactor Normalmente Abierto, donde por el momento se detendrá, por la otra vía hallará al Controlador de Presión, que normalmente se encuentra cerrado, permitiendo de esta forma el paso contínuo de la corriente, pero cuando dentro de la caldera, la presión de trabajo de la caldera es sobrepasada, dicho controlador cambiará su posición, interrumpiendo el paso de electricidad al resto del circuito y encendiendo un piloto rojo, cuya luz indicará precaución por el ecceso de presión, la máquina, momentáneamente desconectará su fuente de calor.

Después del CP (Control de Presión) la energía eléctrica llegará al Controlador de Nivel de Agua, cuyo contacto es normalmente cerrado, dentro de la caldera, cuando el nivel mínimo de agua se alcanzado, las terminales de contacto del CNA, cambiará, desviando ahora la corriente hacia el nudo 7, donde existen dos vías de acceso. Por un lado, la corriente alimentará el ramal donde se encuentra un contacto normalmente cerrado quien permitirá que la alarma se deja escuchar. Por otro ramal de nudo 7 la corriente entrará a un transformador que proporcionará la alimentación adecuada del Timer, el cual a su vez determinará la posición de los contactores T(2), cuando dicho elemento eléctrico así lo demande. Antes de llegar al Control o normalmente

cerrado de la alarma, se encuentra el nudo 8.

3.2.4 d)Suministro de agua fresca:

Cuando el nivel de agua mínimo es alcanzado, el suministro de energía eléctrica es interrumpido y la máquina es parada, y no podrá encenderse nuevamente, sino hasta que el nivel de agua máxima es nuevamente reemplazado. Para poder suministrar agua fresca a nuestra máquina, la caldera deberá estar total reposo (P=0), debido a que dicha acción será hecha por gravedad, si existiera presión dentro de máquina cuando se deberá abrir la válvula de suministro de agua, el vapor saldrá por dicha tubería, todo esto se evitaría con la precensia de una bomba de bajo caudal a alta presión, y además podrá ser automatizado el suministro sin tener que detener el funcionamiento de la caldera.

3.2.5 e)PURGA :

Por las mismas razones expuestas en el suministro de agua y además de que la pureza es hecha periódicamente y no en forma contínua, la máquina deberá estar parada; con la única salvedad, que esta operación no será interrupida por ningún dispositivo

eléctrico y el operario tendrá la precaución de hacerlo en total repaso de la caldera.

3.3 MANTENIMIENTO

Para asegurar el buen funcionamiento y la prolongación de la vida útil de una máquina, es necesario guardar ciertas normas de mantenimiento, que periódicamente, todo operario o dueño de la misma deberá cumplir.

El buen cumplimiento de dichas reglas de mantenimiento, asegurarán al operario de la máquina, una optimización de la misma, seguridad de su operario y un sustancial ahorro, para su propietario.

Dichas reglas son clasificadas, según el tiempo en que se apliquan, así tenemos las medidas de mantenimiento preventivo y las medidas de mantenimiento correctivo.

3.3.1 Mantenimiento Preventivo:

Son las acciones que se anticipan al deterioro de un mecanismo,

para su oportuno arreglo o sustitución.

Para nuestra máquina, se recomiendan las siguientes:

1- Prueba mensual de la válvula de seguridad (halar palança, para que salga un poco de vapor).

2- Revisión de buen funcionamiento del termostato

3- Revisión de buen funcionamiento del termostato.

4- Los pilotos deberán encenderse cuando las señales físicas que los gobiernan registren el cambio pertinente.

5- Revisión oportuna del buen estado del aislamiento.

6- Limpieza de la resistencia eléctrica, que en forma periódica deberá librarsele de incrustaciones.

7- Revisión de instalación eléctrica.

8- Purgar la máquina, en por lo menos cada mes (recordar que ésta, deberá estar apagada, P = 0).

3.3.2 Mantenimiento Correctivo:

Son las acciones que una vez registrado el deterioro en la máquina tiene que ser reparado para la continuación del funcionamiento de la misma.

Para nuestra máquina, el deterioro dependerá de su diseño y del buen uso que haga el operario. En realidad no se puede dar un

listado de medidas correctivas, por que esto solo se dará dependiendo de las variables de buen uso y funcionamiento de la máquina.

4.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 CONCLUSIONES

Es tanta la utilización de los sistemas de vapor, que resulta justo y necesario poder ofrecerle un mejor tiempo de estudio. El proceso de ejecución de nuestro prototipo, necesito la investigación de parámetros y variables muy importantes, que desgraciadamente no se encuentran en bibliografía accesible, lo cual limita al lector e investigador a una pronta evacuación de sus dudas.

Otro factor importante que limita al interesado en este campo de la Mecánica General, es la inexistencia de muchos materiales y accesorios en el mercado nacional.

Sin embargo de todas estas limitantes, el operario de una caldera no deberá olvidar la efectiva operación de: la válvula de seguridad, el nivel de agua, el manómetro, etc., y cualquier otro dispositivo que controla la operación de la máquina. Poniendo quizá mayor atención, en la válvula de seguridad, a quién se deberá revisar mensualmente para optimización del trabajo de la caldera y tranquilidad de su operador.

4.2 RECOMENDACIONES

Para una mejor compresión del proceso de investigación que ejecutó el equipo, el lector podrá consultar las fuentes respectivas siguiendo la referencia bibliograficas que aparecen en las secciones de cálculos realizados.

Una gran limitante que tiene el estudiante u obrero al construir una máquina o dispositivos, es que los cálculos y diseños realizados no pueden ejecutarse, debido a: inexistencia de materiales, dispositivos o lo más común, factibilidad económica. Todo esto deberá de tenerse en cuenta antes de cualquier diseño o cálculo alguno.

Cualquier error de ortografía o mecanografía pedimos sea pasado por alto, el trabajo recibe su mayor peso en el diseño de la máquina, si por el contrario se encontrara alguna falta en los cálculos y diseño, favor tomar los correcciones pertinentes.

5.0 BIBLIOGRAFIA

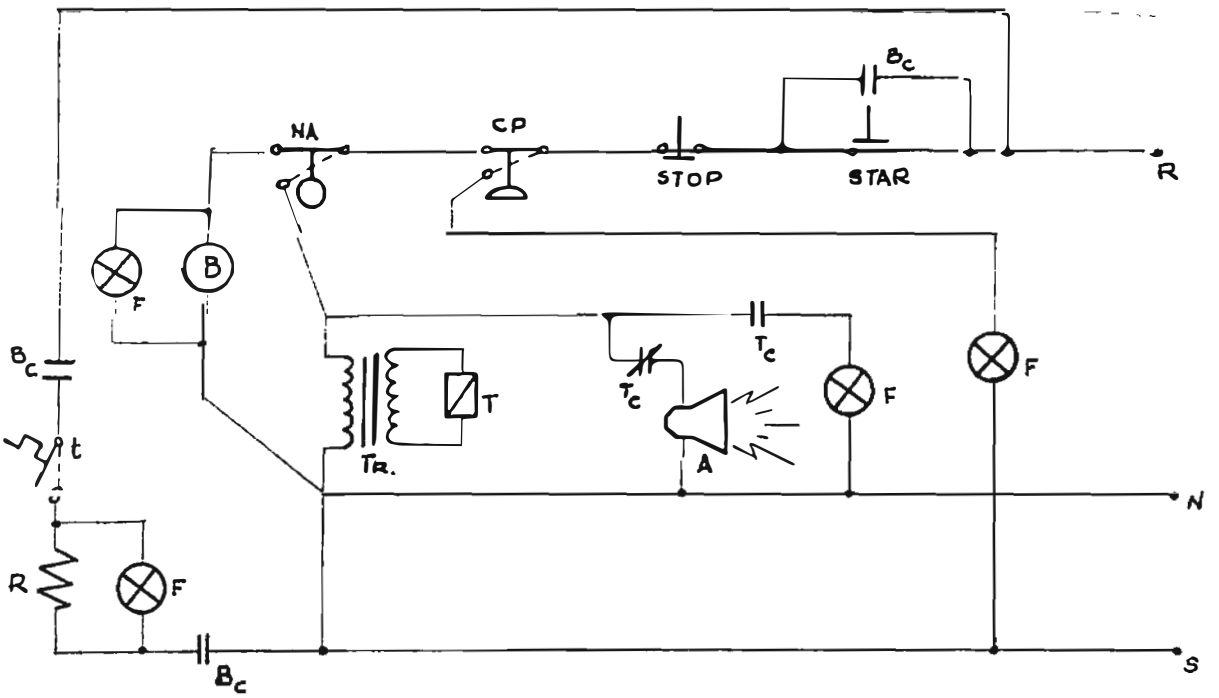
1. GRAINGER; *INDUSTRIAL AND COMMERCIAL EQUIPMENT AND SUPPLIES.* Rhode Island, USA. s.f.
2. GEGROY, Alfred: *DISEÑO DE RECIPIENTES A PRESION.* Limusa, México, [1] 1979.
3. UTP; *MANUAL DE ELECTRODOS.* UTP-Schweissmaterial AG, Alemania., s.f.
4. ACAITI; *MANUAL DE AISLAMIENTO DE TUBERIAS DE VAPOR,* San Salvador, 1977.
5. STEINGRESS, Frederick M.; *LOW PRESSURE BOILERS.* American Technical Publishers, Inc., Homewood, Illinois. [2] 1986.
6.
7.
8.

ANEXOS

ABREVIATURAS Y SIMBOLOS UTILIZADOS

No.	ABREVIATURA	SIGNIFICADO	OBSERVACIONES
1	Psi	Libras/Pulgada^2	Unidades de presión
2	BHP	Boiler Horse Power	Unidades de capacidad
3	Kw	Kilo Watts	Unidad de energía
4	To	Temperatura abiente	
5	Tf	Temp. de evaporación A 100 Psi	
6	T	Rango de temperatura	
7	Co	Capacidad de caldera	
8	°F	Grados Farenhaid	Unidades temperatura
9	°C	Grados centigrados	Unidades temperatura
10	V	Voltios	Tensión eléctrica
11	A	Amperios	Corriente
12	Plg. ó "	Pulgadas	Unidad de longitud
13	D	Diámetro	
14	R ó r	Radio	
15	L	Longitud	
16	H	Altura volumen de agua	
17	P	Presión	
18	S	Esfuerzo total	Que resiste un acero
19	E	Eficiencia de junta	Soldadura
20	t	Espesor de pared	Lámina de acero

No.	ABREVIATURA	SIGNIFICADO	OBSERVACION
21	$S_{max.}$	Esfuerzo total máximo	
22	t_r	Espesor mínimo casco	
23	t_h	Espesor real cabeza	
24	t_s	Espesor real casco	
25	Ka	Const. transf. calor	Del acero carcaza
26	Kb	Const. transf. calor	Del aislante
27	r_1	Radio interno caldera	
28	r_2	Radio externo caldera	
29	r_3	Radio externo aislante	
30	ti	Temp. dentro de caldera	
31	t_x	Temp. fuera de caldera	
32	qi	Calor dentro de caldera	
33	q_x	Calor fuera de caldera	
34	q	Rango de calor perdido	
35	F	Factor de caida presión	
36	P_1	Factor basado presión	Presión inicial
37	P_2	Factor basado presión	Presión final
38	L	Longitud equivalente	Tuberías
39	Y	Velocidad del vapor	Carga y tubería
40	Vr.	Velocidad real	Presión de trabajo
41	$V_{agua.}$	Diferencia de volumen	Máximo y mínimo.



NA: CONTROL DE NIVEL DE AGUA
CP: CONTROL DE PRESION
Bc: CONTACTOR CONTROLADO POR B
B: BOBINA
F: FOCOS
A: TIMBRE
t: TERMOSTATO
TR: TRANSFORMADOR
N: NEUTRO
R,S: LINEAS VIVAS