



**ESUELA SUPERIOR**  
**POLITECNICA DEL LITORAL**  
FACULTAD DE INGENIERIA EN MECANICA  
“INSTALACION DE VAPOR PARA UNA  
PLANTA DE BLOQUES DE CONCRETO”

**TESIS DE GRADO**

Previa a la Obtención del Título de

**INGENIERO MECANICO**

PRESENTADO POR

**CESAR ANTONIO CRUZ ALMEIDA**

Año Lectivo 1996

Guayaquil

Ecuador

## AGRADECIMIENTO

Al Ing. Angel Vargas, Director de Tesis, por su inigualable ayuda y al Ing Luis San Martín por su desinteresada y gran cooperación en la elaboración del presente trabajo.

## DEDICATORIA

**A mi enamorada**

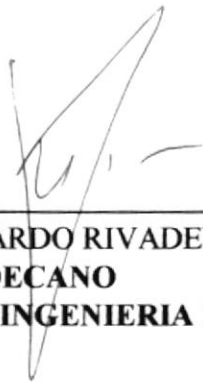
Mariela

**A mis hermanos**

Glenda, Rafael y Pamela.

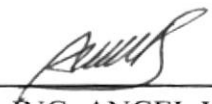
**Y a mis padres**

Rafael y Delia.



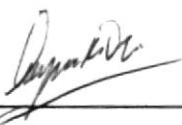
---

**ING. EDUARDO RIVADENEIRA  
DECANO  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA**



---

**ING. ANGEL VARGAS  
DIRECTOR DE TESIS**



---

**ING. JORGE DUQUE  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



---

**ING. FRANCISCO ANDRADE  
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## **DECLARACION EXPRESA**

“ La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta Tesis, me corresponden exclusivamente y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.”

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).

---

César Antonio Cruz Almeida

## RESUMEN

Al realizar las pruebas de campo en los respectivos cuartos de curado de bloques de concreto, determinamos que la temperatura máxima es 185 °F (85 °C) y la mínima 92 °F (33 °C); por lo que el tiempo óptimo de permanencia del bloque en el proceso de curado es de una hora y media (1 1/2 hora).

Con ayuda de fórmulas determinamos que la carga de vapor requerida es 1625 Kg vapor/h en el cuarto; pero la potencia necesaria de la caldera es 150 CC, tomando en cuenta usos externos y asumiendo pérdidas durante el proceso. También nombraremos los principales sistemas de control que debe poseer para el normal y seguro funcionamiento de la caldera.

Se procedió a calcular los sistemas auxiliares de la caldera; como el sistema de agua de alimentación, con cerca de 300 galones y el sistema de combustible, determinando su capacidad aproximada de 5000 litros al día, por lo que el tanque de almacenamiento tendrá de diámetro 4m y de largo 6m; con sus respectivas bombas para cada sistema.

Por medio de tablas escogimos el diámetro adecuado de las tuberías de vapor (4 pulgadas) y del retorno de condensado (1 pulgada), presentando una distribución de las mismas en la planta. Junto presentaremos la selección y ubicación de las trampas de vapor (tipo termodinámicas).

Presentamos los diferentes tratamientos y control que pueden y deben seguirse para el agua que ingresa a la caldera. Especificaremos detalladamente el cálculo para la selección de los ablandadores de agua (60 Pies cúbicos); y las pruebas de combustión para asegurar el eficiente funcionamiento de la caldera.

Concluiremos con las especificaciones técnicas que se deben seguir y mantener; y que el requerimiento de la potencia necesaria de la caldera es 150 CC en un cuarto con cerca de 4000 unidades ó 1 CC por cada 30 bloques; en la ciudad de Guayaquil.

## INDICE GENERAL

	<b>Pgs.</b>
Resumen	VI
Indice General	VIII
Indice de Figuras	XI
Indice de Tablas	XIII
Simbología	XIV
Introducción	XVI
 <b>Capítulo I</b>	
1 Factibilidad del Proyecto	1
1.1 Producción actual de bloques de concreto	2
1.2 Análisis de la demanda futura	3
1.3 Proceso de producción.	5
1.3.1 Curado del bloque	7
 <b>Capítulo 2</b>	
2 Selección de la caldera	17
2.1 Tipos de caldera	19
2.2 Estimación de la demanda de vapor	23
2.2.1 Prueba en la determinación de la potencia requerida	25
2.2.2 Selección	35
2.3 Sistemas de control de la caldera	36

	<b>Pgs.</b>
<b>Capítulo 3</b>	
3	Cálculo y dimensionamiento del sistema de agua de alimentación a la caldera 45
3.1	Determinación de la capacidad de agua de alimentación 46
3.2	Capacidad y dimensionamiento del tanque de alimentación 46
3.3	Cálculo y selección de la(s) bomba(s) de agua de alimentación 48
<b>Capítulo 4</b>	
4	Cálculo y dimensionamiento del sistema de combustible a la caldera 54
4.1	Selección del combustible 54
4.2	Determinación de la capacidad de combustible 57
4.3	Capacidad y dimensionamiento del tanque de combustible 59
4.4	Cálculo y selección de la(s) bomba(s) de combustible 61
<b>Capítulo 5</b>	
5	Cálculo y distribución de las tuberías 63
5.1	Distribución de las tuberías de vapor 65
5.2	Determinación del diámetro de las tuberías de vapor 65
5.3	Distribución de las tuberías de retorno de condensado 72
5.4	Determinación del diámetro de las tuberías de retorno de condensado 73

	<b>Pgs.</b>
<b>Capítulo 6</b>	
6	Selección y ubicación de las trampas de vapor 77
6.1	Tipos de trampas de vapor 77
6.2	Cálculo de la carga de condensado 79
6.3	Selección de las trampas de vapor 79
6.4	Ubicación de las trampas de vapor 81
<b>Capítulo 7</b>	
7	Tratamientos del agua de la caldera 83
7.1	Tipos de tratamiento de agua 84
7.2	Control del tratamiento del agua 86
7.3	Cálculo y selección de ablandadores 90
<b>Capítulo 8</b>	
8	Control de la combustión de la caldera 96
8.1	Tipos de control de los gases de combustión 97
8.2	Pruebas de combustión 99
Conclusiones y recomendaciones. 105	
Anexos 108	
Bibliografía 124	

## INDICE DE FIGURAS

<b>No.</b>	<b>Título</b>	<b>Pgs.</b>
1.1	Cuarto demasiado largo	8
1.2	Cuarto de largo ideal	10
1.3	Vapor con velocidad alta	10
1.4	Velocidad y presión en la boquilla	11
1.5	Aplicación del vapor sobre el bloque	14
2.1	Pasos del caldero	22
2.2	Prueba de curado	26
2.3	Gráfico comparativo ideal del bloque	29
2.4	Gráfico comparativo real del bloque (Rocafuerte)	31
2.5	Gráfico comparativo real del bloque (Victoria)	33
2.6	Pérdida de calor	35
2.7	Caudal aire - Caudal fuel en paralelo	38
2.8	Control de nivel de un elemento con controlador	41
2.9	Termostato	44
3.1	Tanque de agua de alimentación	47
3.2	Vista interior de una bomba centrífuga	53
4.1	Especificaciones técnicas del tanque de combustible	60
5.1	Diagrama de Gantt del proceso	66

<b>No.</b>	<b>Título</b>	<b>Pgs.</b>
5.2	Dimensión de las tuberías de vapor	67
5.3	Diagrama de caída de presión en tuberías	69
5.4	Dimensión de las tuberías de retorno de condensado	75
5.5	Distribución de las tuberías de vapor y retorno de condensado	76
6.1	Ubicación de las trampas de vapor	82
7.1	Regeneración del ablandador de agua	96
8.1	Aparato Orsat	100
8.2	Analizador de CO <sub>2</sub> Fyrite	103

## INDICE DE TABLAS

<b>No.</b>	<b>Título</b>	<b>Pgs.</b>
I	Rangos establecidos	16
II	Proceso de curado ideal	28
III	Proceso de curado real (Rocafuerte)	30
IV	Proceso de curado real (Victoria)	32
V	Sistemas de control de nivel	40
VI	Caudal volumétrico requerido para alimentar calderas	49
VII	Propiedades del Diesel Oil y Fuel Oil en el Ecuador	57
VIII	Capacidad mínima de almacenamiento con respecto a CC	58
IX	Selección de trampas de vapor	80
X	Pérdida de transferencia por incrustaciones	84
XI	Compuestos químicos y sus usos	86
XII	Porcentajes de aire en la combustión	99
XIII	Opacidad de humos	104

## SIMBOLOGIA

A	=	Area
C	=	Calor específico
°C	=	Grados Centígrados
CC	=	Caballos de caldera
CA	=	Capacidad de ablandamiento
CIR	=	Capacidad de intercambio requerida
CO	=	Capacidad de operación
CRC	=	Cantidad de regenerante por ciclo
CFR	=	Caudal de flujo de regenerante
D	=	Dosificación
$\phi$	=	Diámetro
°F	=	Grados Fahrenheit
ge	=	Volumen específico
GPM	=	Galones por minuto
h	=	Hora
$h_f$	=	Pérdidas por fricción
Kcal	=	Kilocalorías
Kg	=	Kilogramos
L	=	Caída de presión en la succión
Lb	=	Libras

L/M	=	Litros por minuto
M	=	Masa
m	=	Metros
m/s	=	Metros por segundo
$\eta$	=	Eficiencia
P	=	Presión
Psi	=	Libras fuerza por pulgada cuadrada
Q	=	Caudal
t	=	Tiempo
T	=	Temperatura
TDH	=	Cabezal
TTR	=	Tiempo de transferencia del regenerante
V	=	Velocidad
$\rho$	=	Densidad

## INTRODUCCION

El siguiente trabajo de tesis es realizado para ayudar y orientar a todas las personas involucradas en la producción de bloques de concreto para la optimización en la fabricación de los mismos con ayuda de pruebas en los cuartos de curado para obtener la carga de vapor requerida, el tiempo estimado de curado y por ende la potencia necesaria de la caldera.

En las principales fábricas que intervienen en la producción de bloques de concreto se necesita generar vapor. El propósito del vapor es principalmente para transmitir calor y humedad al concreto, con lo cual se acelera la hidratación del cemento y luego para compensar las pérdidas de agua que suceden cuando el proceso químico de hidratación es acelerado debido al incremento de presión del vapor dentro del cuarto.

Si se permitiese esta pérdida de agua, valorables elementos químicos, combinados con el agua, serían extraídos del concreto y subsecuentemente las pérdidas en resistencias serían apreciables.

También proporcionaremos a través de los ocho capítulos tratados, diferentes temas de sumo interés para la eficiente generación y conducción de vapor; entre los principales mencionaremos los rangos preestablecidos de temperatura en el curado de bloques, factores en la selección de la caldera, dimensionamiento del sistema de agua de alimentación y combustible, dimensionamiento de las tuberías, selección de trampas de vapor, cálculo de ablandadores y control de la combustión.

Todos los cálculos, pruebas y dimensionamientos de equipos se realizaron basándose que la fábrica será montada en la ciudad de Guayaquil, la misma que es de clima cálido, con alto porcentaje de humedad y altas temperaturas.

# CAPITULO I

## 1. FACTIBILIDAD DEL PROYECTO

Nuestra propuesta es orientar de una forma técnica al empresario que este interesado en la fabricación de bloques de concreto, inclinándolo hacia la selección de una caldera para la generación de vapor saturado ó para que realice un cambio en el proceso de producción establecido en el medio; que aunque con un costo inicial elevado y su mantenimiento respectivo significará a la larga en un ahorro de combustible (en las calderas se puede utilizar el Bunker como principal combustible), tiempo y dinero. Entonces la producción podría acelerarse y/o aumentarse de acuerdo a las expectativas de la empresa.

Debido a que la generación de vapor se la realiza en forma antitécnica y muy costosa; pues se genera el vapor requerido calentando un recipiente lleno de agua (Anexo A1 y A2), utilizando como principal combustible Diesel, hasta esperar a que alcance la temperatura deseada, originando en esta parte del proceso un alto porcentaje de pérdida energética, tiempo y por ende económica; que con los precios actuales de los combustibles y cada día en alza van encareciendo el producto.

Todos los cálculos ó selección y dimensionamiento de los equipos se han realizado especialmente para que se adapten a las necesidades de la ciudad de Guayaquil.

### **1.1 PRODUCCION ACTUAL DE BLOQUES DE CONCRETO**

La producción actual de bloques de concreto en la ciudad de Guayaquil es cerca de 25 millones de unidades; se tiene que precisar que esta producción se logra trabajando en dos (2) turnos, uno matutino y otro nocturno; y sin que exista una paralización significativa de las máquinas; pero la misma no logra abastecer al mercado local por lo que los fabricantes artesanales tienen asegurado su pequeña participación.

Los principales fabricantes de bloques de concreto son Productos Rocafuerte, Victoria y Vipresa las que proveen con cerca del 50%, 25% y 15% respectivamente del mercado; el resto (10%) es proporcionado por las fábricas artesanales.

De las fábricas nombradas, sólo la primera utiliza calderas para el proceso de curado de los bloques; teniendo una ventaja sobre las

demás; debido al menor uso de combustible, un menor tiempo utilizado en el curado del bloque y una mayor velocidad de producción, obteniendo por ende una mejor ganancia económica.

Pero posee ciertas deficiencias en lo concerniente a las especificaciones técnicas que debería cumplir, especialmente en el proceso de curado.

## **1.2 ANALISIS DE LA DEMANDA FUTURA**

La industria de la construcción enfrenta actualmente un proceso de desaceleración, que está agudizada por la crisis energética y los problemas políticos que han afectado la tasa de interés y encarecido el crédito, pero se augura que crecerá en 1996.

Con una actividad más dinámica, que se reflejará en un “boom” de la construcción en Guayaquil, este sector crecerá entre 3 y 3.5% del Producto Interno Bruto (PIB), según estimaciones oficiales.

Esta tasa es inferior al 5% de crecimiento que tuvo la construcción en 1995, pero se espera que revertirá a una tendencia negativa como en los años anteriores.

Se entiende que Guayaquil tiene una actividad rezagada en el sector de la construcción, puesto que gran parte de las construcciones que se hicieron en Quito, como nuevos edificios de las principales entidades bancarias, recién se construirán este año en la ciudad.

Además con la expansión de la ciudad hacia la zona norte especialmente; Alborada, Urdesa, Kennedy y a la vía Samborondón; y con la construcción de nuevos, modernos y gigantescos centros comerciales; se tienen grandes expectativas.

En lo que respecta a las construcciones de viviendas, aunque se conoce que el 76 % de la población ecuatoriana se halla inmersa en una demanda insatisfecha de vivienda, son pocas las personas que tienen posibilidades de adquirir una casa (sólo la clase media alta para arriba).

Pero gracias a las nuevas opciones en el área como el Leasing, Administradoras de fondos y lo más actual el fideicomiso junto con los proyectos gubernamentales, la industria de la construcción tiene un auge asegurado y con un gran crecimiento económico pero que también implica un crecimiento técnico, para asegurar su

producción y a la vez con miras de aumentarla pero con calidad, cantidad y eficiencia.

### **1.3 PROCESO DE PRODUCCION**

Se inicia primero con la materia prima que consiste en arena de río, piedra caliza ó piedra pomez, cemento y agua. Los tres primeros se denominan agregados y se desplazan por medio de una banda transportadora hasta una zaranda para eliminar piedras o agregados mismos de gran tamaño; para luego almacenarse en tolvas separadas junto al cemento.

Ahora de acuerdo al bloque que se va a fabricar, se dosifica un porcentaje de cada componente en una tolva viajera (Anexo A3). Es de especificar que el bloque que vamos a fabricar se trata del PL9 ó BL9 (nombre comercial), que es el de mayor uso en las construcciones normales y se considera bloque liviano, donde se utiliza en su elaboración sólo piedra pomez y no piedra caliza.

Dependiendo de la humedad de la mezcla se tendrá que añadir mas agua y luego aditivos para que pueda fluir esta; de la tolva pasa a

una caja alimentadora que estará en la bloquera, que es la que dará el molde final al bloque (Anexo A4). Entonces estos bloques se colocan en unas parrillas y por medio de un montacargas serán trasladados hasta los cuartos para ser curados (Anexo A5), (utilizando vapor recalentado); pero antes de ser curado el bloque, el mismo debe ser sometido a un preajustado o prefraguado, que es el calentamiento previo del bloque a una temperatura superior a los 80°F (27 °C)<sup>1</sup>, en un tiempo determinado según los agregados utilizados y en ningún caso deberá ser inferior a una hora.

Como nuestro clima es muy húmedo y con altas temperaturas, para realizar este prefraguado solo llenamos el cuarto y lo cerramos o “sellamos” con unas toldas o tablas de madera (Anexo A6), entonces el bloque empezará a aumentar de temperatura (este proceso se lo denomina sudado del bloque) y se efectúa por un espacio mayor de 1 hora; ya que de no realizar este proceso por un tiempo lo suficientemente largo antes de activar el vapor de curado, los bloques serán debilitados y mostrarán grietas superficiales irregulares en la superficie tope de las caras con los núcleos o huecos de los bloques.

---

<sup>1</sup> El fraguado inicial del concreto no ocurrirá muy rápidamente en una atmósfera menor a 80 °F.

Si existen varios cuartos, estos deben ser independientes; tanto el piso como el techo, para no presentar problemas al expandirse por acción del calor generado por el vapor; y deberán estar contruídos con concreto de baja absorción de humedad y el techo con un grosor de por lo menos 2 pulgadas (5.08 cm).

Por último las dimensiones físicas no son de gran importancia mientras que la longitud del cuarto de curado no exceda de 70 pies (21.34 m) y el ancho de 15 pies (4.57 m); ó que su capacidad sea igual a dos horas y media (2.5) de producción y que el cuarto de curado no supere los 4500 bloques.

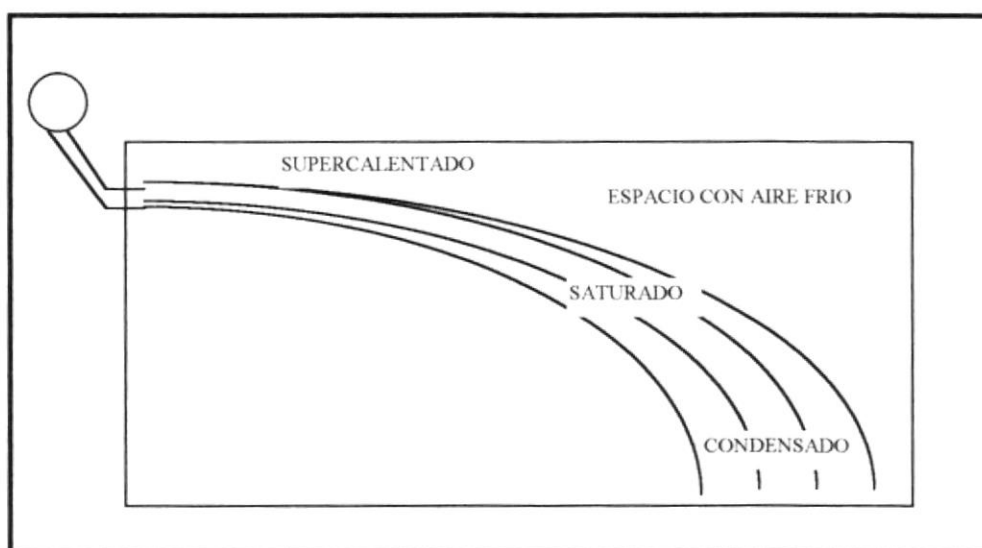
### **1.3.1 CURADO DEL BLOQUE**

El curado de bloques de concreto ha sido el mayor problema en la producción dentro de plantas modernas de bloques. El curado de bloques puede y ha sido logrado a una tasa acelerada mediante el control de la aplicación de calor y humedad. El medio de donde el calor y la humedad son obtenidos es el vapor a baja presión.

El vapor es inyectado al cuarto de curado bajo condiciones controladas de cantidad, calidad y velocidad. El mantenimiento

de una distribución uniforme de temperatura, a lo largo del cuarto de curado, es de suma importancia para el curado apropiado de los bloques de concreto. La distribución uniforme de la temperatura se mantiene en el cuarto de curado, por la velocidad del vapor inyectado y por la acción turbulenta causada por el vapor entrando al cuarto. Puesto que hay un límite a la velocidad del vapor en el cuarto, las dimensiones físicas del mismo son de gran importancia. Así tenemos que un cuarto demasiado largo no permite la distribución del vapor a todo lo largo del mismo.(Figura 1.1 ) .

**FIGURA 1.1**

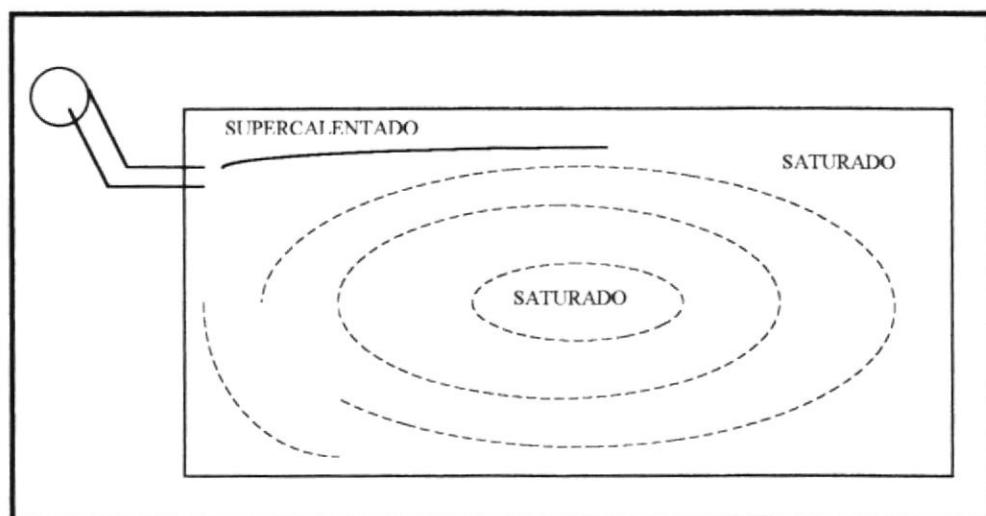


**CUARTO DEMASIADO LARGO**

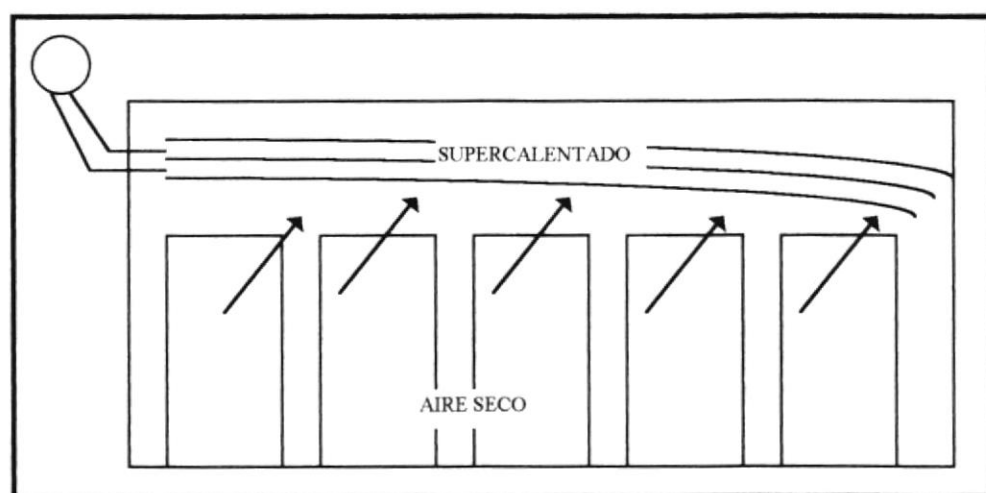
Cuando el vapor emerge de la boquilla, sale bajo una condición denominada de recalentamiento o de vapor seco. Al entrar el vapor al cuarto, éste se encuentra a una presión menor que el vapor de la boquilla y una expansión repentina del vapor saturado puede producir una condición temporal en la cual el vapor continúa expandiéndose como vapor recalentado sin que ocurra ninguna condensación.

Vapor recalentado de ésta naturaleza no es estable y se precipita en forma de vapor de agua, ya que se pierde calor debido a los objetos cercanos. (Figura 1.2).

La temperatura de la masa se aumenta por el calor latente, generado durante la condensación del vapor hasta que el equilibrio térmico es reestablecido. Esta condensación ocurre a lo largo del cuarto solamente si la velocidad del vapor empleado es correcta, depositando humedad en todos los bloques presentes del cuarto. Si la velocidad es muy grande, el vapor recalentado pasará hasta el fondo del cuarto antes de condensarse y tenderá a remover humedad del bloque al pasar sobre ellos, debido a su condición seca. (Figura 1.3).



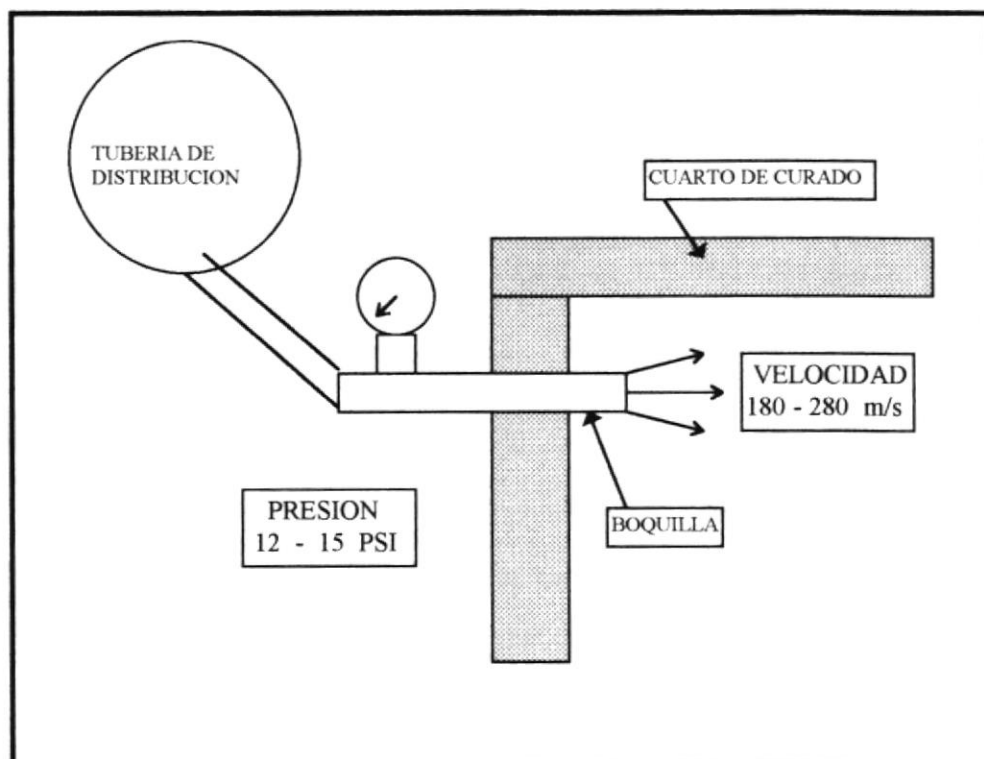
**FIGURA 1.2 CUARTO DE LARGO IDEAL**



**FIGURA 1.3 VAPOR CON VELOCIDAD ALTA**

La presión del vapor en la boquilla en el cuarto, no debe exceder 12 a 15 Psi. (0.8 a 1 Kg/cm<sup>2</sup>); a presiones mayores, el vapor se calienta y se seca demasiado. El vapor entra al cuarto a una

velocidad entre 35000 a 55000 pies por minuto (10668 a 16764 metros por minuto) Figura 1.4, dependiendo de las dimensiones del cuarto en cuestión y de la carga interna del cuarto.



**FIGURA 1.4 VELOCIDAD Y PRESION EN LA BOQUILLA**

El valor recomendado de aumento de la temperatura de la mezcla de agregados en el bloque es de aproximadamente 60 °F por hora (33.3 °C por hora); no confunda la temperatura del aire con la del agregado, puesto que la proporción del aumento de temperatura de esta es diferente, el aumento del valor de la

temperatura del aire será inferior al valor de la temperatura del bloque en el cuarto de curado.

La temperatura deseada en el cuarto debe oscilar entre 150 y 180 °F (65 a 82°C). Algunos expertos sugieren 170°F (77°C) máximo para bloques pesados y 180°F (82°C) para bloques livianos, pero la temperatura correcta debe ser determinada verificando el punto de equilibrio. El factor decisivo para la temperatura máxima en el cuarto es la temperatura del punto de equilibrio, donde el bloque y el cuarto alcanzan la misma temperatura.

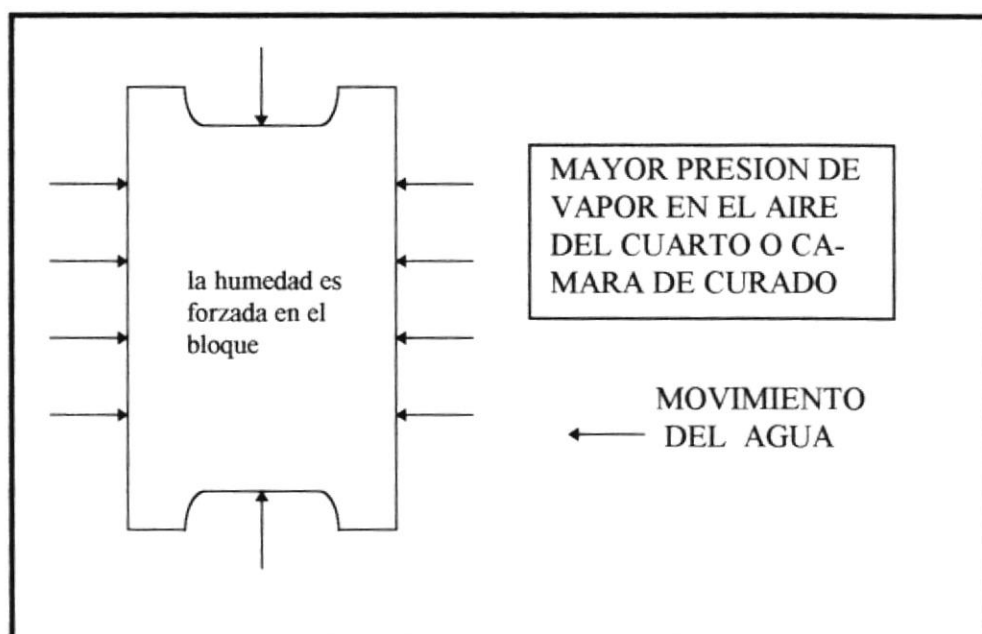
La temperatura del bloque en el cuarto se mantiene rezagada a la temperatura ascendente del aire en dicho cuarto. Esta diferencia de temperaturas crea un punto de rocío en el bloque, depositando humedad en el concreto. Esta condición es sumamente deseada, ya que la mezcla del concreto en este momento no contiene la menor cantidad de agua deseada para producir la hidratación normal del cemento. El concreto continuará absorbiendo humedad, siempre y cuando, la temperatura del concreto sea menor que la temperatura del punto de rocío en el aire del cuarto.

A medida que el vapor es inyectado en el cuarto, la temperatura del bloque tiende a alcanzar gradualmente aquella del aire circunvecino. Esto es debido al calor adicional en la hidratación del cemento en el bloque. El punto en que ambas temperaturas coinciden, se denomina punto de equilibrio y en este momento la válvula de vapor debe ser cerrada. Pruebas conducidas en plantas, demuestran que la humedad es depositada en el bloque a diferentes tasas, hasta que se logra la condición de equilibrio.

También si la presión del vapor en el aire del cuarto es mayor que la presión del agua en el bloque, una transferencia de humedad ocurrirá del aire al bloque (Figura 1.5). Y si la temperatura de equilibrio es excedida, la presión del agua en el bloque excederá la presión del vapor del aire circunvecino y una pérdida de agua en el bloque ocurrirá causando así resequedad en el concreto. Lo mismo sucede con altas velocidades, causando un producto duro y quebradizo.

La temperatura de equilibrio variará con el tipo de bloque, material, también con el tamaño del cuarto, velocidad en el aumento de temperatura, climas, etc. Todos los productores de

bloques deben verificar sus cuartos para mejores resultados y determinar el punto de equilibrio, ya que el concreto puede sufrir daño si se continúa inyectando vapor después que se ha alcanzado el punto de equilibrio.



**FIGURA 1.5 APLICACION DEL VAPOR SOBRE EL BLOQUE**

El valor físico de la presión del vapor generado ( $\text{Lbf/pulg}^2$  ó  $\text{Kgf/cm}^2$ ) no posee ninguna influencia, ya que una presión alta puede reducir su valor para así obtener el curado-fraguado deseado.

Luego al bloque se lo dejará para el empapado, este período es muy importante debido a que el bloque se cura-fragua en una condición de calor y humedad alta lo cual es ideal para el asentado o fraguado del cemento (concreto). Mientras más largo sea el período de empapado mejor serán los resultados; el tiempo mínimo para el empapado no deberá ser inferior a las ocho (8) horas.

Tal como ya ha sido determinado, un buen cuarto con un buen aislamiento, disminuirá la pérdida de calor y no debe bajar más de 4 a 7° F por hora ( 2 a 4° C por hora ) durante el período de empapamiento. Esto es importante ya que la calidad del producto será directamente proporcional al aumento de temperatura durante el período de empapamiento. La temperatura final del período de empapado es cercana a 130°F (54°C), y mientras mas alta es la temperatura en el cuarto de curado al final del período, más rápidamente se secará el producto al entrar en contacto con el medio ambiente.

Hay que hacer énfasis en que estas temperaturas solo pueden ser posibles de lograr bajo condiciones ideales; las pruebas han sido realizadas en la zona norte de los Estados Unidos. Las

estaciones en ciertas áreas crean la necesidad de usar mayores o menores temperaturas máximas.

Finalmente se abrirán los cuartos de curado, se los dejará abiertos por espacio de una (1) hora, hasta que descienda a una temperatura tolerable, y se procederá a sacar los bloques para el secado respectivo y ser llevados a la bodega. (Anexo A7)

CUARTO			
	TIEMPO DURACION (H)	VELOCIDAD (F/H)	TEMPERATURA MAXIMA (F)
PRECURADO	> 1	-	80
CURADO	1.7	55 - 65	180
EMPAPADO	8	4 -7	130
BOQUILLA			
VELOCIDAD	(P/MIN) x 1000 (m/s)		35 - 55 178 - 279
PRESION	(PSI) (Kg/cm2)		12 - 15 0.8 - 1

**TABLA I RANGOS ESTABLECIDOS**

## CAPITULO II

### 2. SELECCION DE CALDERA

El punto más importante en el curado a vapor es la caldera, un punto que muchas veces pasa desapercibido, es que el tamaño de la caldera depende de la carga necesaria en el cuarto de curado, del número de cuartos a ser curados simultáneamente y cualquier carga adicional que se le imponga a la caldera que no está relacionada con el curado.

Es importante que el vapor que sale de la caldera este en un estado seco y saturado o en un estado de recalentamiento, ya que el vapor húmedo tiene agua y puede destruir las unidades de mampostería al salir de la boquilla.

Entonces se esperan 3 condiciones deseables de una caldera:

**1) CANTIDAD**

**2) CALIDAD**

**3) VELOCIDAD**

**Cantidad.** Utilice una caldera de capacidad adecuada para que produzca suficiente vapor para completar el ciclo de curado.

**Calidad.** Vapor saturado, es vapor de calidad, el cual contiene la cantidad correcta de calor y humedad presente.

**Velocidad.** Utilice tuberías de las medidas apropiadas para introducir el vapor uniformemente a los hornos ó cámaras de curado con una distribución igualitaria.

Otros factores a tomar en cuenta en la selección de la caldera son:

- El agua de alimentación disponible: (Calidad del agua)
- Tiempo de operación diaria de la caldera.
- Número de unidades: Depende directamente de la demanda de vapor.
- La selección de combustible.

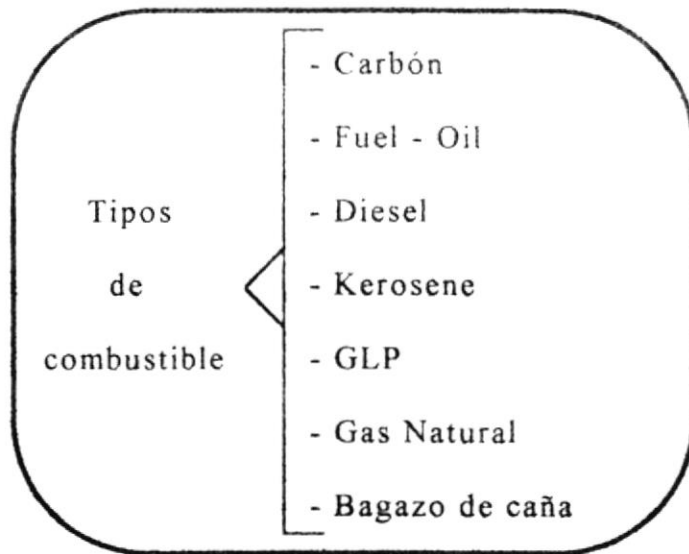
## 2.1 TIPOS DE CALDERA

Existen varios tipos de calderas, pero una clasificación puede ser, la siguiente:

- A) Por la energía consumida
- B) Por la disponibilidad de los tubos
- C) Por la situación relativa de los espacios de combustión y agua
- D) Por los métodos de circulación de agua
- E) Por la presión de trabajo
- F) Por el número de pasos o retornos
- G) Por la disposición de los tubos
- H) Por la posición de las calderas

### **Por la energía consumida**

- ◇ Energía calorífica
- ◇ Energía eléctrica
- ◇ Energía química: tipo de combustible a usar, para generar vapor.



**Por la disponibilidad de los tubos**

- \* Sin tubos
- \* Con tubos

**Por la situación relativa de los espacios de combustión y agua**

⇒ Calderas de tubos de agua  
(Acuatubulares)

- Tipo cabezal
- Tres colectores
- Dos colectores

⇒ Calderas de tubos de fuego (ode humo)  
(Piro-tubulares)

Principales diferencias entre los tres tipos de calderas de agua:

- 1) El número y colocación de los colectores y tubos que contienen el agua y vapor.
- 2) El tamaño de los tubos
- 3) El ángulo de inclinación con respecto a la horizontal.

#### **Por el tipo de circulación del agua**

- Circulación Natural (limitada)
- Circulación libre
- Circulación acelerada
- Circulación forzada
- Recirculación forzada

#### **Por la presión de trabajo**

De alta presión: Operan a presiones superiores a  $20 \text{ Kg/cm}^2$  ó  $284 \text{ Lbs/plg}^2$ . (Acuatubulares).

De baja presión: Operan hasta  $10 \text{ Kg/cm}^2$  ( $150 \text{ Lbs/plg}^2$ ), llegando a alcanzar  $18 \text{ Kg/cm}^2$  ( $260 \text{ Lbs/plg}^2$ ). (Piro tubulares)

Por el número de pasos

Se entiende por pasos, la pasada del gas proveniente del hogar hacia el sitio alrededor de los tubos. (De agua o fuego).

- \* Un paso
- \* Dos pasos
- \* Tres pasos
- \* Cuatro Pasos

La figura 2.1 muestra los 4 pasos de una caldera.

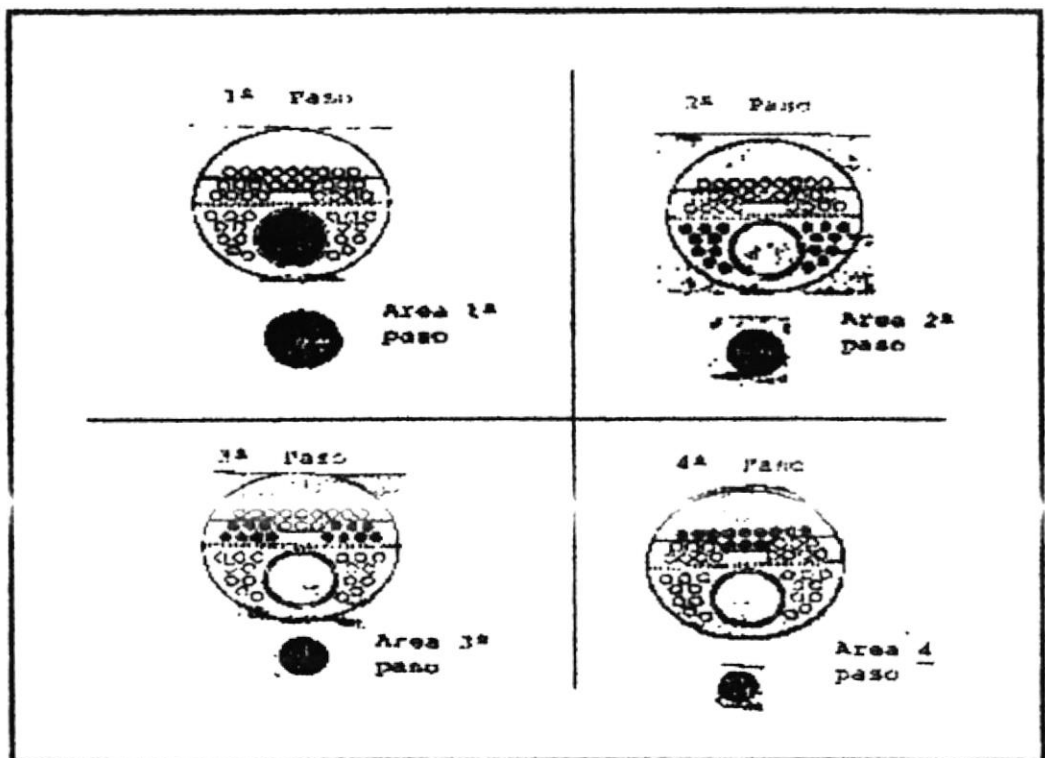


FIGURA 2.1 PASOS DE UNA CALDERA

### **Por la disposición de los tubos**

- ◆ Tubos rectos
- ◆ Tubos inclinados
- ◆ Tubos curvos

### **Por la posición de las calderas**

Sólo se incluyen las calderas pirotubulares, y son:

- ◇ Calderas Verticales
- ◇ Calderas horizontales

## **2.2 ESTIMACION DE LA DEMANDA DE VAPOR**

Una determinación aproximada de los caballos de caldera (CC) que se necesita para el curado; donde se recomienda un caballo (1 CC) por cada 30 bloques de PL9 curados simultaneamente; sin tomar en cuenta otras aplicaciones como calentadores de agua, de combustible, etc.

Como cada cuarto contiene 4368 bloques, entonces:

$$4368 \text{ Bloques} * \frac{1 \text{ CC}}{30 \text{ Bloques}} = 145 \text{ CC}$$

Como se asume 30% de pérdidas:

$$145 \times 1.3 = \boxed{188 \text{ CC}}$$

Expertos en la materia han calculado que para poder aumentar la temperatura de un cuarto y su contenido a la tasa deseada de un (1) grado por minuto o de 60 grados por hora, se necesitaría una caldera de una capacidad igual al número de bloques a ser curados a la vez multiplicados por el factor 0.03525.

Este factor toma en consideración las siguientes variables:

1. Peso de los anaqueles y bandejas por cuarto.
2. Peso total de las unidades incluyendo el contenido de agua.
3. Superficie del cuarto a calentar.
4. Pérdida de radiación
5. Temperatura del agua de alimentación de la caldera.
6. Calor de hidratación del cemento.

Si cada cuarto contiene 4368 bloques, tenemos:

$$4368 \text{ Bloques} * \frac{0.03525 \text{ CC}}{\text{Bloques}} = 154 \text{ CC}$$

Como se dijo antes el bloque debe entrar al cuarto con una temperatura de 80 °F ó 27 °C y se debe suministrar vapor hasta obtener una temperatura de 180 °F (82°C) que es la temperatura de equilibrio (temperatura a la cual se encuentra tanto los bloques de concreto y el aire en el interior del cuarto de curado que rodea a los bloques) por un tiempo superior de una hora (1 hora) para este tipo de bloque.

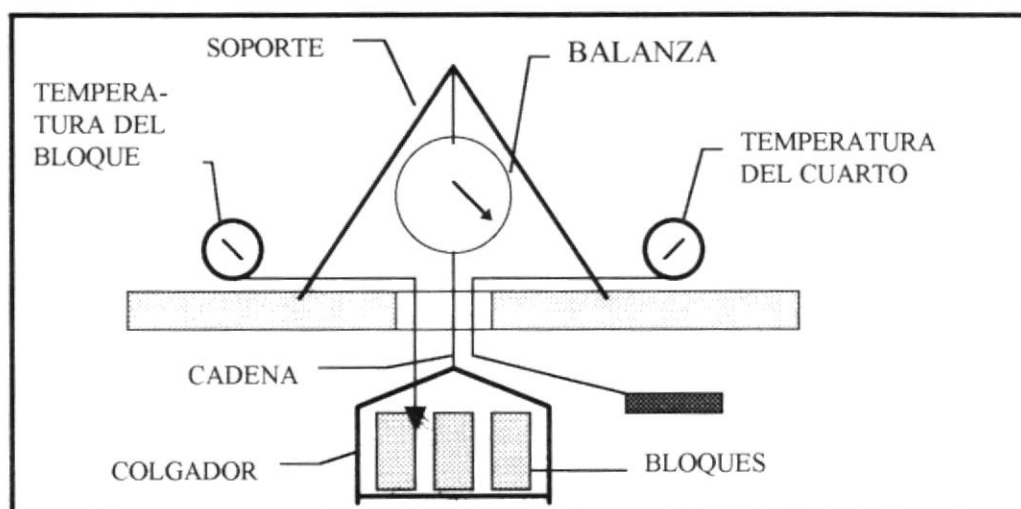
Sí se continúa proporcionando vapor hasta llegar a los 210 °F (98 °C), el bloque perderá humedad en vez de absorberla (agua necesaria para completar la hidratación del cemento) y dependiendo del tipo de agregados utilizados en su elaboración, el bloque mostrará debilidad y menor resistencia a fuerzas externas.

### **2.2.1 PRUEBA EN LA DETERMINACION DE LA POTENCIA REQUERIDA**

Uno de los métodos para verificar y determinar la temperatura de equilibrio del cuarto de curado, el tiempo de curado y por ende el flujo de vapor necesario; se basa en el tiempo que toma el cambio

de peso en el bloque, observado en una balanza suspendida durante el período de aumento de calor y la igualación de las temperaturas (del cuarto y del bloque). Figura 2.2.

**FIGURA 2.2**



### **PRUEBA DE CURADO**

La preparación para éste experimento consiste en lo siguiente: una balanza de suspensión con una precisión mínima de un gramo debe ser sostenida en el techo del cuarto, de la misma se suspende una cadena, la cual es insertada a través de un agujero en el techo del cuarto (Anexo B1), con el otro extremo de la cadena asegurada a un soporte, el cual sostiene una bandeja con los bloques (el número debe de ser de tres), suspendida en el medio

entre el piso y el techo (Anexo B2). También se instalarán dos termopares, uno que medirá la temperatura del cuarto y otro la temperatura del bloque (Anexo B3).

El peso del bloque se registrará a la temperatura ambiente del cuarto; se empieza a inyectar vapor y se toman las lecturas del peso y los termopares con intervalos de 10 a 15 minutos.

Cuando el bloque cesa de aumentar su peso y/o cuando las temperaturas (bloque y cuarto) se han igualado, el mismo ha alcanzado su equilibrio, el vapor debe ser cortado. (Tabla II y Figura 2.3).

Por los resultados obtenidos de las pruebas realizadas (Productos Rocafuerte y Victoria), obtuvimos que la temperatura después del proceso de precurado (cuando inicia el fraguado) es 90 °F ó 32 °C. (Tabla III y IV; Figura 2.4 y 2.5).

Si la temperatura de equilibrio en los cuartos de curado es cercana a los 185 °F ó 85 °C; y si se considera que en el cuarto la temperatura debe ascender a 60 °F/h (33 °C/h).

## GUAYAQUIL

TIPO DE BLOQUE	PL 9	PASO	PESO TOTAL (Lb)	PESO PROMEDIO (Lb)
FECHA				
HORA	8:00			
PESO ENCERADO	8Lb	INICIAL	50,3	16,8
NUMERO DE BLOQUES	3	FINAL	51,7	17,2
TEMPERATURA AMBIENTE	27 C	SECADO	48,9	16,3
HUMEDAD RELATIVA	90%	CUARTO #		
	LECTURA	TIEMPO (H)	PESO (Lb)	TEMPERATURA BLOQUE(F) CUARTO
LLENADO	1	0:00	58,30	85 87
	2	1:00	58,30	86 88
	3	2:00	58,30	87 89
	4	2:30	58,30	87 90
PRECURADO	5	3:00	58,30	88 92
	6	3:45	58,30	89 94
CURADO	7	4:30	58,30	90 96
	8	4:35	58,35	106 120
	9	4:40	58,40	114 130
	10	4:45	58,50	118 134
	11	4:50	58,65	120 140
	12	4:55	58,70	127 144
	13	5:00	58,75	135 150
	14	5:05	58,80	139 154
	15	5:10	58,95	144 158
	16	5:15	59,00	147 161
	17	5:20	59,10	150 164
	18	5:25	59,25	155 167
	19	5:30	59,30	160 170
	20	5:35	59,35	163 173
	21	5:40	59,40	166 176
	22	5:45	59,55	170 180
	23	5:50	59,60	174 182
	24	5:55	59,65	180 184
EMPAPADO	25	6:00	59,70	185 185
	26	6:05	59,70	180 178
	27	6:45	59,70	175 170
	28	7:40	59,70	170 166
	29	8:25	59,70	162 163
	30	10:25	59,70	154 152
	31	12:40	59,70	142 144
	32	14:00	59,70	138 139

TABLA II PRUEBA DE CURADO IDEAL

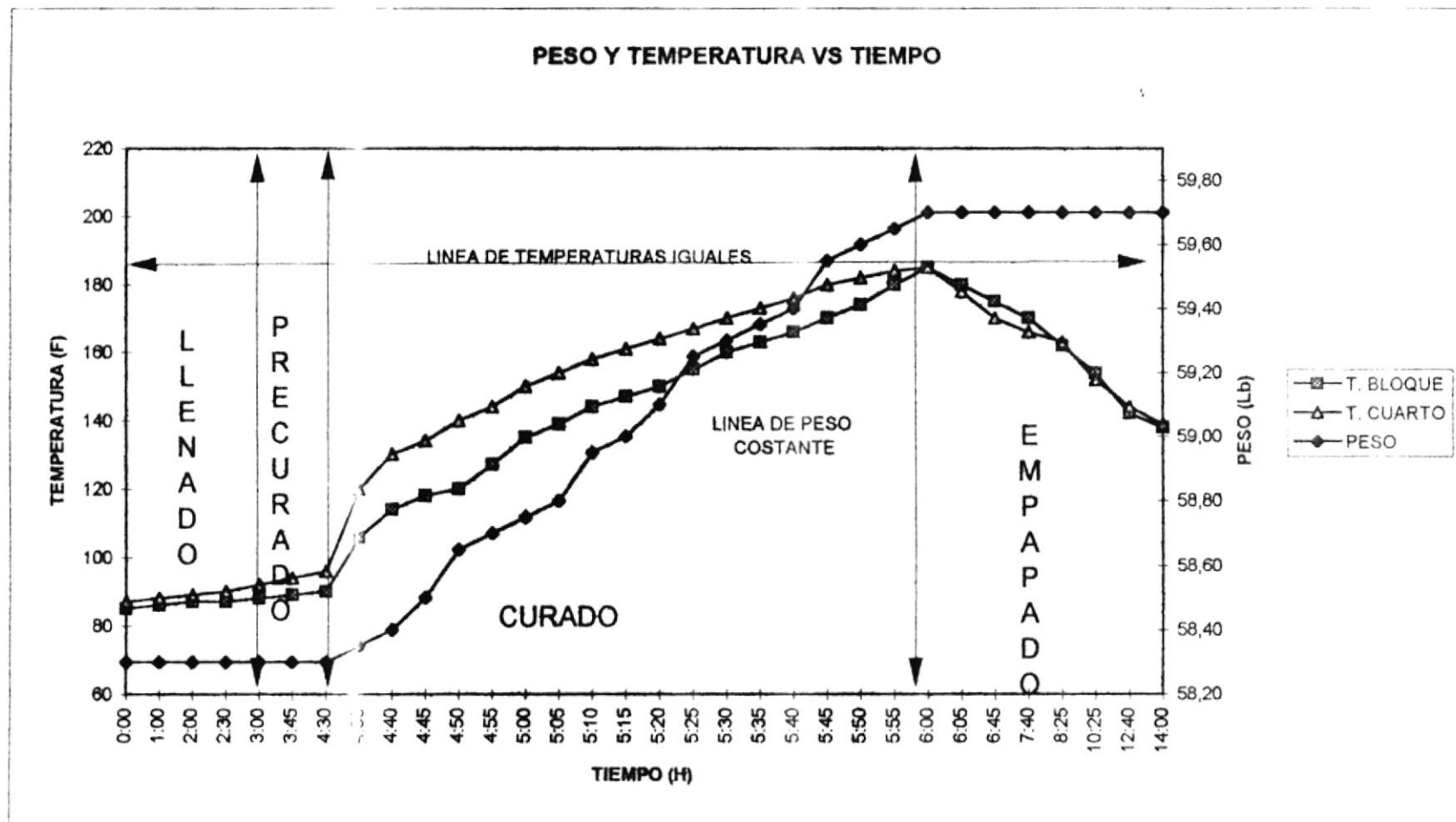


FIGURA 2.3 GRAFICÓ COMPARATIVO IDEAL DEL BLOQUE

## PRODUCTOS ROCAFUERTE - GUAYAQUIL

TIPO DE BLOQUE	PL 9	PASO	PESO TOTAL	PESO PROMEDIO	
FECHA	27/04/96		(Lb)	(Lb)	
HORA	8:00	INICIAL	55,5	18,5	
PESO ENCERADO	5 Lb	FINAL	57,0	19,0	
NUMERO DE BLOQUES	3	SECADO	56,0	18,7	
TEMPERATURA AMBIENTE	28 C	CUARTO #		10	
HUMEDAD RELATIVA	90%				
	LECTURA	TIEMPO (H)	PESO (Lb)	TEMPERATURA BLOQUE(F)	CUARTO
LLENADO	1	0:00	60,50	85	87
	2	1:00	60,50	86	88
	3	2:00	60,50	87	89
	4	2:30	60,50	87	90
PRECURADO	5	3:00	60,50	88	92
	6	3:45	60,50	90	95
CURADO	7	4:30	60,50	92	98
	8	4:35	60,50	108	120
	9	4:40	60,70	116	130
	10	4:45	60,80	120	134
	11	4:50	60,90	122	140
	12	4:55	61,00	129	144
	13	5:00	61,10	137	150
	14	5:05	61,20	141	154
	15	5:10	61,40	146	158
	16	5:15	61,50	149	161
	17	5:20	61,60	152	164
	18	5:25	61,70	157	167
	19	5:30	61,80	165	170
	20	5:35	61,90	171	173
	21	5:40	62,00	173	176
	22	5:45	62,00	178	180
	23	5:50	61,80	184	184
	24	5:55	61,70	187	187
EMPAPADO	25	6:00	61,70	200	202
	26	6:05	61,70	200	200
	27	6:45	61,70	198	196
	28	7:40	61,70	192	190
	29	8:25	61,70	186	188
	30	10:25	61,70	174	176
	31	12:40	61,70	168	166
	32	14:00	61,70	152	154

TABLA III PRUEBA DE CURADO REAL

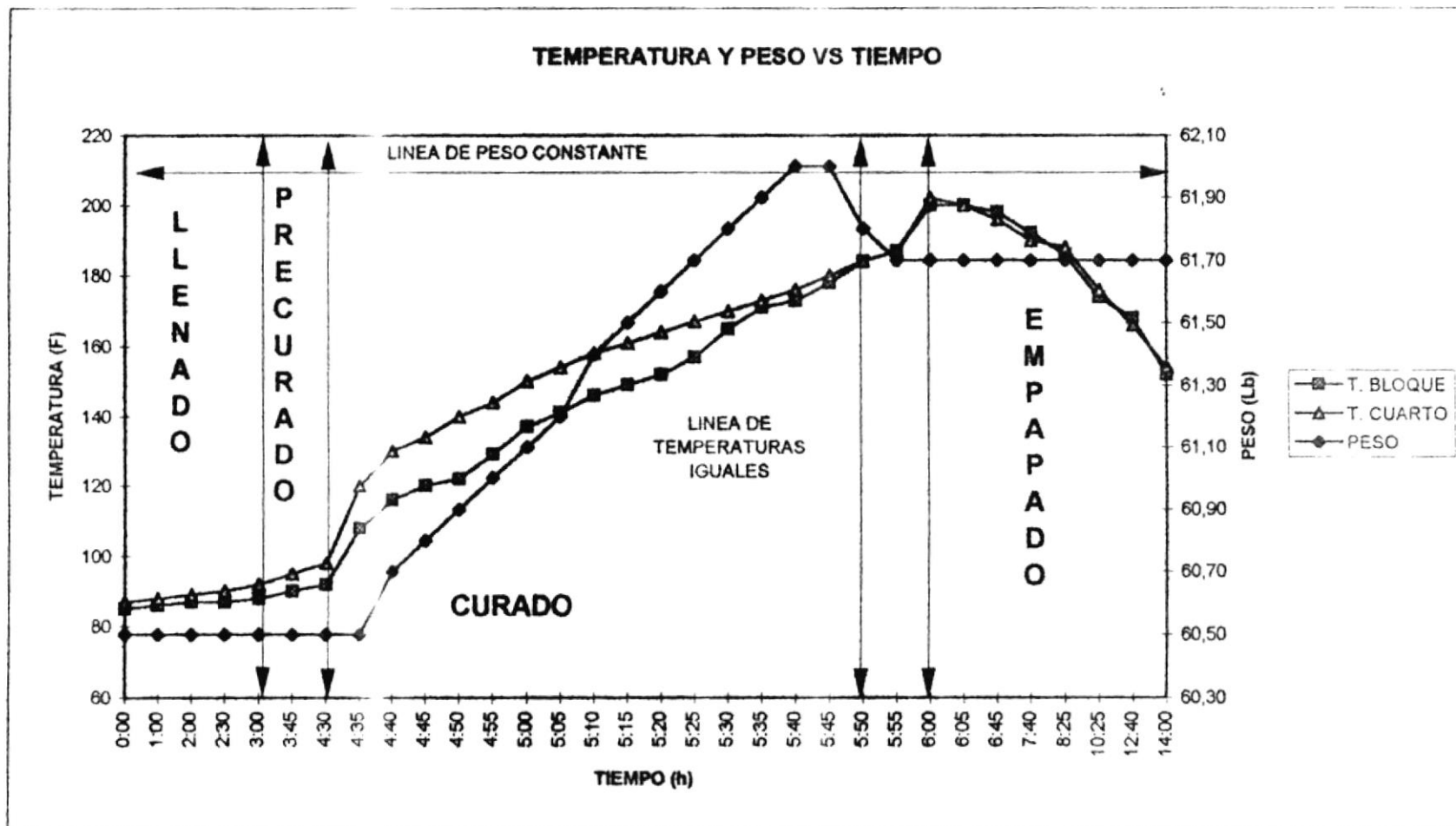


FIGURA 2.4 GRAFICO COMPARATIVO REAL DEL BLOQUE (PRODUCTOS ROCAFUERTE)

## VICTORIA - GUAYAQUIL

TIPO DE BLOQUE	PL 9	PASO	PESO TOTAL	PESO PROMEDIO	
FECHA	29/04/96		(Lb)	(Lb)	
HORA	9:00	INICIAL	51,3	17,1	
PESO ENCERADO	7 Lb	FINAL	52,4	17,5	
NUMERO DE BLOQUES	3	SECADO	50,0	16,7	
TEMPERATURA AMBIENTE	27 C	CUARTO #	5		
HUMEDAD RELATIVA	90%				
	LECTURA	TIEMPO (H)	PESO (Lb)	TEMPERATURA BLOQUE(F)	CUARTO
LLENADO	1	0:00	58,30	86	88
	2	1:00	58,30	86	89
	3	1:30	58,30	87	90
	4	2:00	58,30	87	91
CURADO	5	2:45	58,30	88	92
	6	3:00	58,30	92	102
	7	3:15	58,30	95	116
	8	3:30	58,35	98	124
	9	3:45	58,40	102	131
	10	4:00	58,50	105	137
	11	4:15	58,65	110	141
	12	4:30	58,70	115	147
	13	4:45	58,75	120	152
	14	5:00	58,80	128	158
	15	5:15	58,95	135	161
	16	5:30	59,00	145	164
	17	5:45	59,10	155	167
	18	6:00	59,25	160	170
	19	6:15	59,30	163	173
	20	6:30	59,35	166	176
	21	6:45	59,40	170	180
	22	7:00	59,55	174	182
	23	7:15	59,60	180	184
EMPAPADO	24	7:30	59,65	185	185
	25	8:00	59,70	183	180
	26	8:30	59,70	180	178
	27	9:00	59,70	175	172
	28	9:30	59,70	168	170
	29	10:00	59,70	164	166
	30	10:30	59,70	162	160
	31	11:00	59,70	158	155
	32	11:30	59,70	155	150

TABLA IV PRUEBA DE CURADO REAL

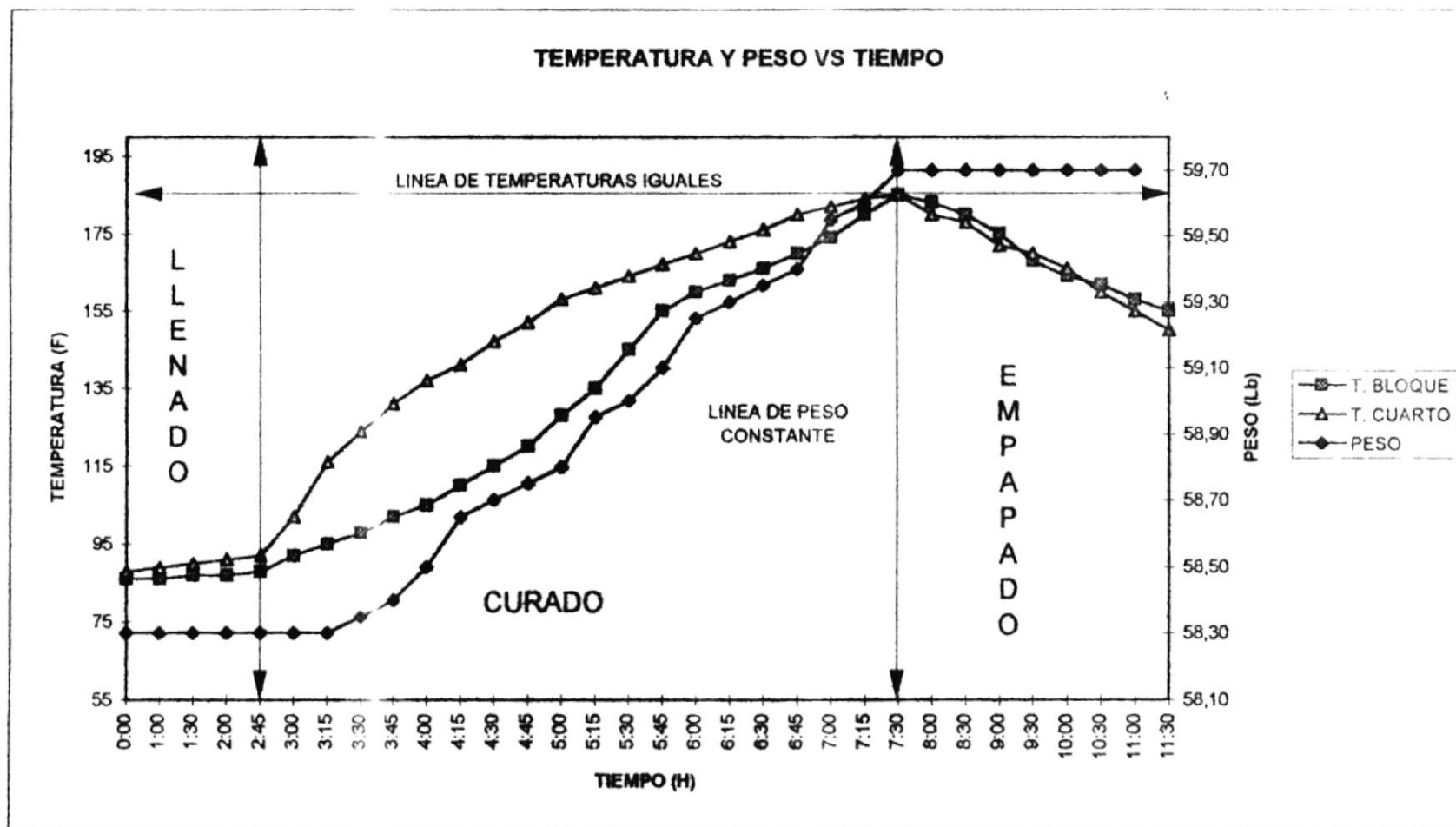


FIGURA 2.5 GRAFICO COMPARATIVO REAL DEL BLOQUE (VICTORIA)

Entonces el tiempo estimado óptimo de curado será:

$$185 - 90 = 95 \text{ }^{\circ}\text{F};$$

$$85 - 32 = 53 \text{ }^{\circ}\text{C}, \text{ por lo que}$$

$$95 \text{ }^{\circ}\text{F} / 60 \text{ }^{\circ}\text{F/h} = 1.5 \text{ horas}$$

$$53 \text{ }^{\circ}\text{C} / 33 \text{ }^{\circ}\text{C/h} = 1.5 \text{ horas; entonces}$$

$$Q = \frac{m \cdot C_p \cdot (T_F - T_i)}{t} \text{ Donde:}$$

- m = masa (Kg)
- C = Calor específico (Kcal/Kg $^{\circ}$ C)
- T<sub>F</sub> = temperatura final ( $^{\circ}$ C)
- T<sub>i</sub> = temperatura inicial ( $^{\circ}$ C)
- t = tiempo (horas)

Cada cuarto contiene 4368 bloques con un peso promedio de 10.5 Kg ó 23 Lb, entonces la masa es:

$$m = 4368 \text{ bloques} \times \frac{10.5 \text{ Kg}}{1 \text{ bloque}} = 45864 \text{ Kg}$$

$$T_F = 85 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_i = 32 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$c_p = 0.58 \text{ Kcal/Kg }^{\circ}\text{C}$$

$$t = 1.5 \text{ horas}$$

$$Q = \frac{m \cdot c_p \cdot (T_F - T_i)}{t} = \frac{45864 \text{ Kg} \cdot 0.58 \text{ Kcal/Kg }^{\circ}\text{C} \cdot (85 - 32) \text{ }^{\circ}\text{C}}{1.5 \text{ horas}}$$

$$Q = 940000 \text{ Kcal/horas}$$

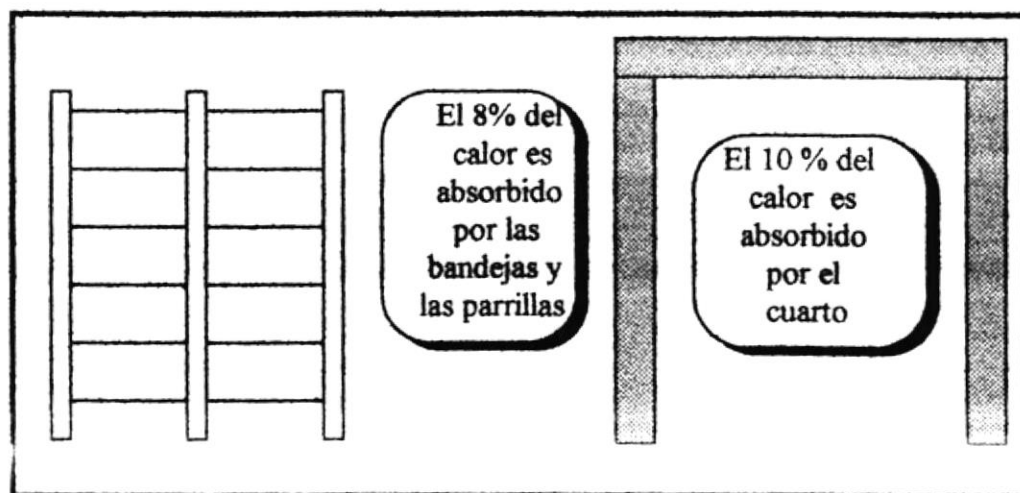
Donde la potencia necesaria es:

$$940000 \text{ Kcal/horas} * \frac{1 \text{ BTU/h}}{0.252 \text{ Kcal/h}} * \frac{1 \text{ CC}}{33475 \text{ BTU/h}} =$$

Potencia = 112 CC

### 2.2.2 SELECCION DE LA(S) CALDERA(S)

Parte del calor generado por la caldera es absorbido, además de los bloques por las bandejas (2%), parrillas (6%) y por el recinto (10%) mismo. Figura 2.4. Esta es una de las razones por la que se requiere mucho tiempo para calentar los bloques.



**FIGURA 2.6 PERDIDAS DE CALOR**

Asumiendo pérdidas en la tubería y durante el proceso de curado de los bloques; se estima cerca de un 30%, entonces necesitaríamos:

$$\text{Potencia} = 112 \text{ CC} \times 1.3 = 145 \text{ CC}$$

Para que la caldera no trabaje a su máximo, tomamos la caldera con la potencia inmediata superior. Entonces la caldera que necesitamos es:

- ◆ Por disponibilidad de tubos: Tendrá tubos
- ◆ Por su disposición: Será de tubos rectos
- ◆ Por la situación relativa de espacio combustión y agua: Piro-tubular
- ◆ Por el número de pasos: Será de 4 pasos o retornos
- ◆ Por el combustible utilizado: Operada con energía química, Bumker No 6
- ◆ Por su posición: Será del tipo horizontal por su facilidad de mantenimiento
- ◆ Por el consumo de vapor: Necesitamos una caldera de 150 CC

### **2.3 SISTEMAS DE CONTROL DE LA CALDERA**

Los controles automáticos de las calderas tienen dos funciones básicas:

- Regulación; y
- Seguridad (protección)

Siempre es necesario que una caldera mantenga una presión de trabajo constante para la gran diversidad de caudales de consumo, por lo cual debe ser capaz de:

- a) Aportar una energía suficiente a través de la combustión del Bunker No. 6 (Fuel oil) con el aire.
- b) Desde el punto de vista de seguridad, el nivel debe estar controlado y mantenido dentro de unos límites.
- c) Garantizar una llama segura en la combustión.

### **Control de la combustión**

El control o la regulación de la combustión se basa específicamente en mantener constante la presión de vapor en la caldera.

El controlador de la presión de vapor ajusta la válvula de control de combustible. La señal procedente del caudal de aire es modificada por un relé de relación para ajustar la relación entre el aire y el combustible, y pasa a un controlador que la compara con la señal de caudal de combustible.

Si la proporción no es correcta, se emite una señal al servomotor de mando del ventilador o a la válvula de mariposa, de modo que el caudal de aire es ajustado hasta que la relación aire- combustible es correcta.

En la regulación de la combustión puede darse de preferencia en el mando al combustible o al aire para que la operación de la caldera corresponda a un sistema determinado de varias características de seguridad; como las siguientes:

- \* Caudal fuel-caudal aire en serie
- \* Caudal aire-caudal fuel en serie
- \* Caudal de vapor-caudal fuel/caudal vapor-caudal aire en serie
- \* Caudal aire-caudal fuel en paralelo

Para nuestro propósito utilizaremos el controlador caudal aire-caudal fuel en paralelo, ya que presenta la ventaja de controlar directamente al combustible y al aire.

La figura 2.7 presenta un esquema de este tipo de control.

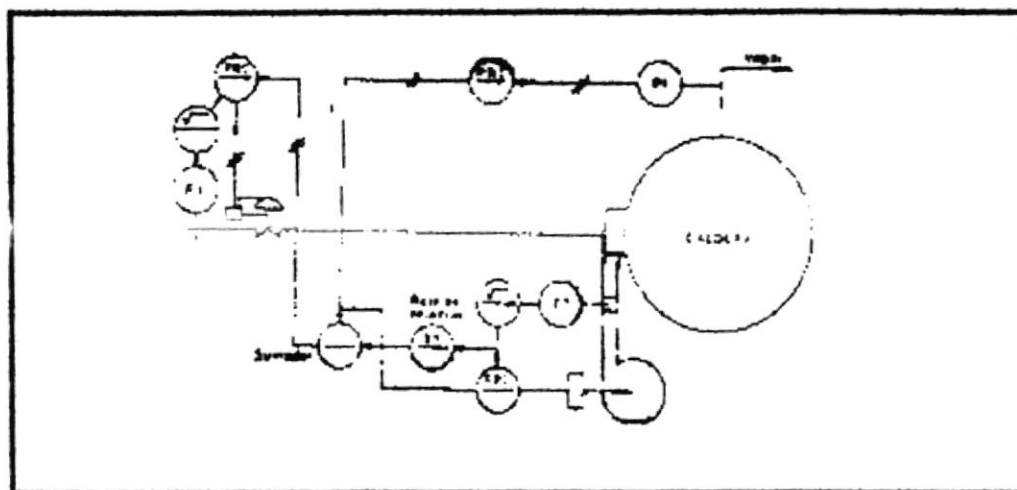


FIGURA 2.7 CAUDAL AIRE - CAUDAL FUEL EN PARALELO

### **Control de nivel**

La regulación del agua de alimentación que mantiene el nivel de la caldera depende de múltiples factores, como son:

- ◇ Tipo de caldera
- ◇ Tipo de carga
- ◇ Tipo de bomba
- ◇ **Control de presión del agua de alimentación**

El sistema de control del agua de alimentación puede realizarse de acuerdo a la capacidad de producción de vapor de la caldera. Para esto nos guiaremos por medio de la tabla V.

Los sistemas de control pueden ser de los siguientes tipos:

- Un elemento (nivel de agua en el colector de vapor)
- Dos elementos (nivel de agua y caudal de vapor)
- Tres elementos (nivel de agua, caudal de vapor y caudal de agua de alimentación)

TIPO	VARIABLES	CAPACIDAD DE LA CALDERA (Kg/h)		
ELEMENTOS		< 6000	6000 - 15000	> 15000
Un	nivel	Cargas irregulares	Pequeños cambios de carga	Cargas mantenidas
Dos	nivel caudal de vapor	Cargas irregulares con grandes fluctuaciones	Cambios de carga moderados	Lentos cambios de carga moderados
Tres	nivel caudal de vapor caudal de agua			> 20000

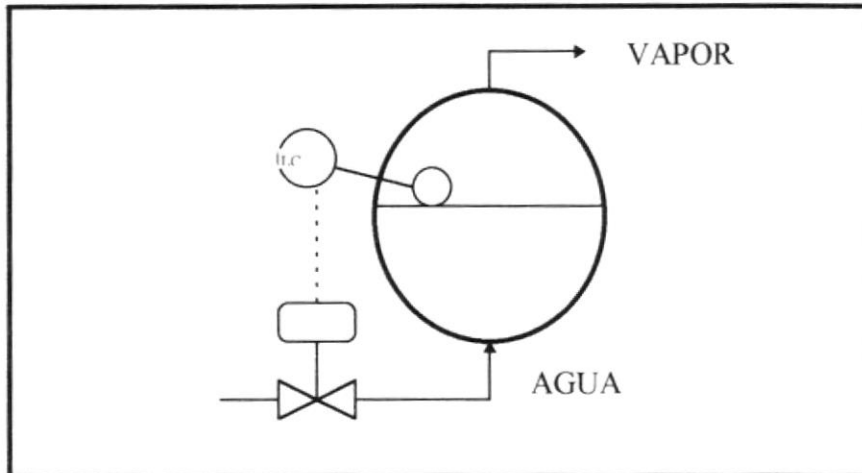
**TABLA V SISTEMAS DE CONTROL DE NIVEL**

### **Control de nivel de un elemento**

En las calderas de mediana capacidad (del orden de 2000-4000 Kg/h), que es la que nos corresponde, puede utilizarse un controlador de flotador con un reóstato acoplado eléctricamente a una válvula motorizada eléctrica.

Este conjunto actúa como un control proporcional con punto de consigna en el punto medio del campo de medida del nivel de flotador. La figura 2.8 muestra el control de nivel antes mencionado.

FIGURA 2.8



### CONTROL DE NIVEL DE UN ELEMENTO CON CONTROLADOR POTENCIOMETRICO

#### Seguridad de llama

La detección de la llama es muy importante desde el punto de vista de seguridad en la operación de las calderas. Para que el funcionamiento de los quemadores sea correcto, éstos necesitan que la llama producida por el combustible sea estable y de calidad y que además se mantenga en estas condiciones mientras el quemador se encuentra en marcha.

Ante una falla en la llama, el sistema de protección debe actuar inmediatamente a través de detectores excitando el circuito eléctrico de enclavamiento. Los detectores de llama basan su principio de funcionamiento en varias características

de la llama tales como: calor ionización y radiación, pero para el caso de calderas que queman combustible líquido los detectores que mejor se adaptan son los del principio de radiación ultravioleta por la gran seguridad que ofrece. Este será el utilizado en la caldera.

### **Programadores**

Los detectores de llama están conectados a programadores con relés de seguridad de llama que incluye la parada de la caldera hasta una programación completa que realice las siguientes funciones:

- Prebarrido ó prepurga, es decir limpieza de los gases que pudieran haberse acumulado durante la última combustión del hogar.
- Encendido de la llama piloto
- Encendido de la llama principal
- Parada de la instalación con enclavamiento secuencial en el que intervienen los siguientes elementos: falla de llama, presión de aire de control, alimentación eléctrica, ventilador de aire forzado, alarma de bajo nivel en la caldera, etc.
- Post barrido, fase en que se limpian los gases quemados

## **Presostatos**

Dispositivos de control de presión con fines de protección en la seguridad operacional de las calderas, que limitan los excesos de las presiones, límites actuando en combinación con el circuito eléctrico que está a su vez conectado con el motor del quemador.

Los presostatos también pueden ser usados en el circuito de combustible para detectar fallas por baja presión del combustible, la misma que no sea suficiente para mantener una adecuada combustión. En este caso el presostato accionará abriendo los contactos del interruptor.

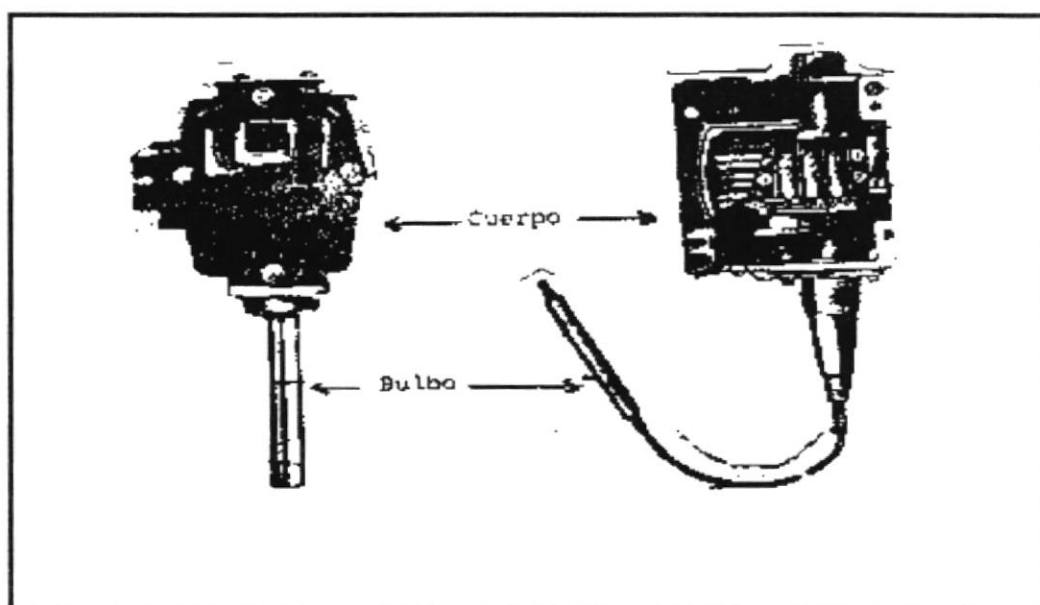
## **Termostato**

Este dispositivo consiste en un bulbo sensor que transmite las variaciones de temperatura detectadas en los contactos eléctricos contenidos en su cuerpo principal.

El termostato puede ser usado, por ejemplo en el calentador de combustible (por el interior del cual se transfiere el calor suministrado por el vapor). Su función en este caso es la de sentir la temperatura del combustible, para regular la válvula de

vapor en posición abierta ó cerrada y mantener así la temperatura deseada en el combustible. (Figura 2.9).

FIGURA 2.9



TERMOSTATO

## **CAPITULO III**

### **3. CALCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA**

#### **DE AGUA DE ALIMENTACION A LA CALDERA**

El agua de alimentación de una caldera constituye la materia prima para la producción de vapor; por lo que debe ser suministrado permanentemente para que exista una generación constante de vapor. Si la alimentación es con agua caliente se utilizaría menos combustible, ya que sería mas fácil alcanzar la presión de trabajo a la que esta operando la caldera.

El sistema de agua de alimentación de una caldera básicamente se compone de:

⇒ Tanque(s) de almacenamiento

⇒ Equipo de bombeo

⇒ Equipo de control

### **3.1 DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE AGUA DE ALIMENTACION**

Es recomendable que la cantidad de agua de reserva y la capacidad del tanque de alimentación almacene una cantidad mínima de agua suficiente para sostener la evaporación en la caldera, por lo menos durante 20 minutos.

Si para satisfacer la demanda de agua de un caballo de caldera se requiere 0.069 galones por minuto (GPM) ó 0,261 litros por minuto (Lt/min). Por lo que según esta premisa.

Una caldera de 150 CC va a requerir :

$$150 \text{ CC} \times 0.069 = 10.35 \text{ GPM}$$

$$150 \text{ CC} \times 0.261 = 39.15 \text{ Lts/min}$$

$$39.15 \text{ Lts/min} \times 20 \text{ min} = 783 \text{ Litros}$$

Lo que equivale a 211 Galones

### **3.2 CAPACIDAD Y DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE ALIMENTACION**

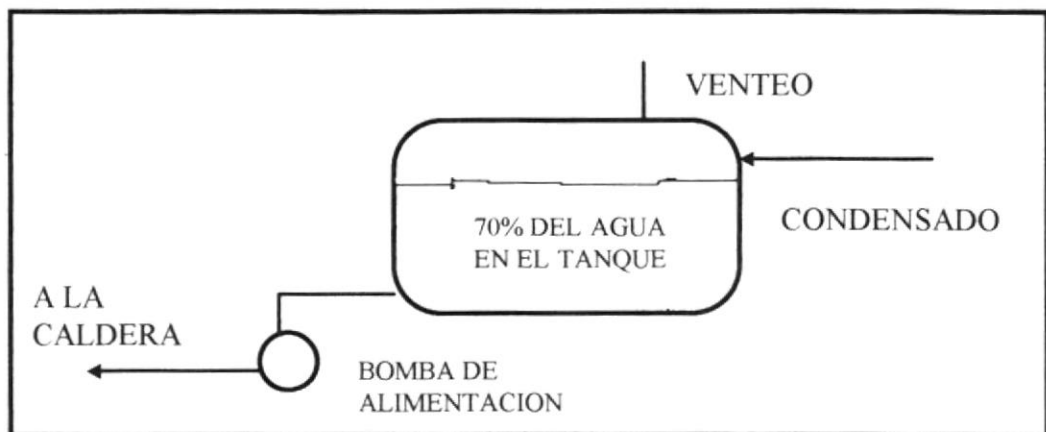
El tanque de almacenamiento del agua de alimentación no debe estar 100% lleno; por lo que se recomienda que el nivel del agua cubre el 70% de la capacidad del tanque (Figura 3.1), entonces:

$$783 \div 0.7 = 1118.6 \cong 1120 \text{ Lts ( 300 Galones)}$$

Entonces la capacidad del tanque de alimentación debe ser 1120 Litros.

Esto equivale a  $1120 \text{ dm}^3$ ; que para facilitar la fabricación del tanque y ahorrar material será de forma rectangular con 105 cm de largo, 105 cm de ancho y 105 cm de altura.

**FIGURA 3.1**



**TANQUE DE AGUA DE ALIMENTACION**

El agua de alimentación deberá estar a la temperatura más alta posible para evitar:

- A) Problemas de dilatación
- B) Contracciones
- C) Choques térmicos

### 3.3 CALCULO Y SELECCION DE LA(S) BOMBA(S) DE AGUA DE ALIMENTACION

Se deben tomar en cuenta ciertos criterios a la hora de seleccionar la bomba para el agua de alimentación:

- ◇ Operación continua o intermitente
- ◇ Temperatura del agua a la succión
- ◇ Capacidad
- ◇ Presión de descarga
- ◇ Carga neta de succión positiva requerida

#### **Operación continua o intermitente**

En la mayoría de los casos las bombas en las calderas pirotubulares la operación es intermitente. Trabajan generalmente con un flotador sobre el cual actúa un switch, este hace que la bomba arranque ó pare en cierto nivel.

#### **Temperatura del agua a la succión**

Los rangos aproximados de temperaturas en las bombas varían pero la mayoría se encuentra entre 100°C ( 212°F ) a 104°C ( 220°F ). Que será nuestro caso, otras bombas pueden operar con temperaturas de hasta 121°C ( 250°F ) ó más, pero con enfriamiento de agua externo.

# TABLA X

## Capacidad

Representa el caudal que una bomba puede proveer, pero siempre dependiendo de la presión de descarga y de la carga neta de succión requerida. Por regla general la bomba tipo turbina es frecuentemente seleccionada para operación intermitente pero con una capacidad de 1.5 a 2 veces la capacidad de evaporación de la caldera; podría ser usada para operación continua en un caso extremo. (Tabla VI)

**T A B L A**

C.C.	L/M	C.C.	L/M	C.C.	L/M	C.C.	L/M	C.C.	L/M
20	1,38	60	4,14	110	7,59	190	13,1	400	27,6
25	1,73	65	4,49	120	8,29	200	13,8	450	31,3
30	2,07	70	4,83	130	8,97	225	15,5	500	34,5
35	2,42	75	5,18	140	9,66	250	17,3	600	41,4
40	2,76	80	5,52	150	10,4	275	19	700	48,3
45	3,11	85	5,87	160	11,1	300	20,7	800	55,2
50	3,45	90	6,21	170	11,7	325	22,5	900	62,1
55	3,8	100	6,9	180	12,4	350	24,2	1000	69

CC = Caballos de caldera

L/M = Litros por minuto

**TABLA VI CAUDAL VOLUMETRICO REQUERIDO PARA ALIMENTAR CALDERAS**

### **Presión de descarga**

Siempre la presión de descarga debe ser mayor que la presión de operación de la caldera; en las bombas tipo turbina, un valor de 0,35 a 1,76 Kg/cm<sup>2</sup> ( 5 a 25 Lbs/plg<sup>2</sup> ) por encima de la presión de operación sería un valor razonable a adoptar.

### **La carga neta de succión positiva (NPSH)**

Es la altura total absoluta de succión en cm ó pies corregida al eje impulsor, menos la presión absoluta de vapor del líquido. Para saber si el agua se vaporizará o no en el punto de menor presión de la bomba, ya que se debe mantener el fluido en estado líquido evitando la cavitación que afecta la eficiencia y produce perforaciones a las paletas.

### **Selección de la bomba de agua**

La potencia del motor de la bomba será calculada con la siguiente fórmula:

$$HP = \frac{8.33 \cdot Q \cdot TDH \cdot ge}{33000 \cdot \eta}$$

Donde:

- Q = caudal (GPM)
- TDH = cabezal (pies de agua)
- ge = volumen específico
- η = coeficiente

Al seleccionar bombas de agua de alimentación se deberá considerar que a menudo las calderas operan a 200 y 300% de su capacidad; que de acuerdo a la tabla IV seleccionamos los galones por minuto que tendrá que movilizar, esto es:

$$150 \text{ CC} \times 300\% = 450 \text{ CC, que equivale } 31.3 \text{ L/M } \text{ ó } \underline{120 \text{ GPM}}$$

El cabezal sería:

$$50 + 25 = 75 \text{ Psi} \times \frac{2.31 \text{ pies H}_2\text{O}}{1 \text{ Psi}} = 173.25 \text{ pies H}_2\text{O}$$

$$g_e = g_{\text{agua}} = 1$$

$$\eta = 0.75$$

$$\text{HP} = \frac{8.33 \times 120 \times 173.25 \times 1}{33000 \times 0.75}$$

$$\text{HP} = 7$$

La carga neta de succión positiva (NPSH), la obtendremos a continuación:

$$\text{NPSH} = \left[ \frac{P_a \times 10}{\rho} \right] - \left[ \left| \frac{P_e \times 10}{\rho} \right| + L + h_f \right]$$

Donde:  $P_a$  = Presión del fluido (atmósfera)

$P_e$  = Presión de evaporación del fluido (atmósfera)

$L$  = Caída de presión en la succión (metros)

$h_f$  = Pérdidas de fricción (metros)

$\rho$  = Densidad ( $\text{g/cm}^3$ )

Las pérdidas por fricción en tuberías y accesorios se presentan en las tablas del anexo C.

$$\text{NPSH} = \left[ \frac{1}{1} \times 10 \right] - \left[ \left| \frac{0.42}{1} \times 10 \right| + 1.4 - 1.2 \right]$$

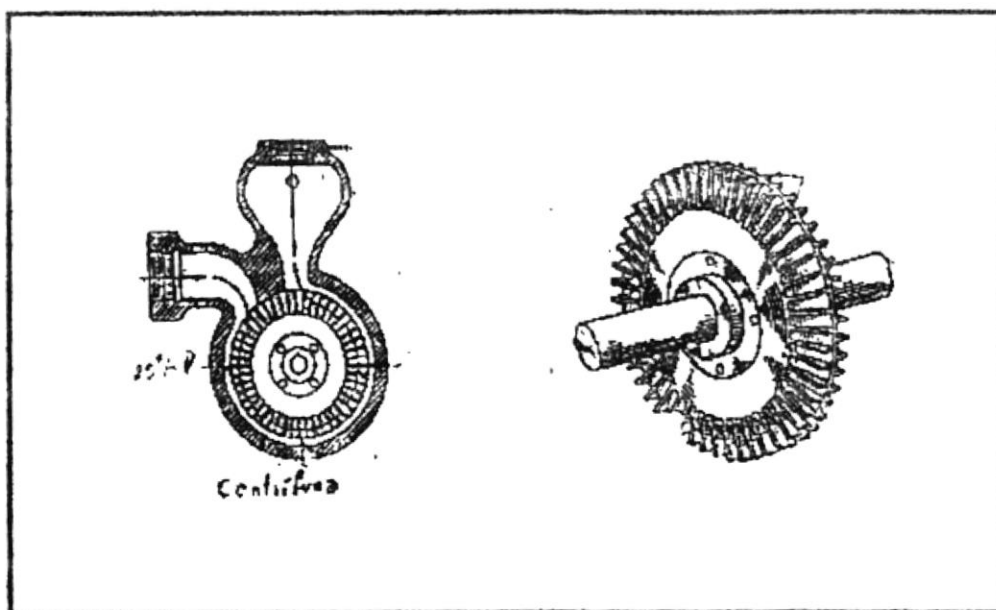
$$\text{NPSH} = 6$$

Conforme a lo analizado nuestra bomba constará de las siguientes características:

- Tipo turbina
- Intermitente
- Presión de descarga 75 Psi
- Potencia 7 HP
- NPSH 6

(Se presenta el tipo de bomba escogida, de marca Hidromac, tipo Turbi; ideal para la alimentación de calderas )

Con estas especificaciones verificamos el tipo de bomba seleccionada y la confirmamos con sus curvas características. (Anexo E).



**FIGURA 3.2 VISTA INTERIOR DE UNA BOMBA CENTRIFUGA**

## **CAPITULO IV**

### **4. CALCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE A LA CALDERA**

El sistema de combustible de una caldera es el conjunto de componentes requeridos para proveer combustible, y los principales son:

⇒ Tanques y tuberías de combustible

⇒ Bombas de alimentación de combustible y de trasiego

⇒ Quemadores

⇒ Accesorios

⇒ Separadores (purificadores) de combustible (si fuere necesario)

#### **4.1 SELECCION DEL COMBUSTIBLE**

El combustible que puede quemar una caldera, puede ser:

- \* Carbón
- \* Gas
- \* Kerosene
- \* Bagazo de caña de azúcar
- \* Diesel oil (conocido como No 2)
- \* Fuel oil (denominado Bunker No 6)

De lo anteriormente mencionado el tipo de combustible seleccionado será Fuel oil (Bunker No 6); aunque el diesel oil es usado en la mayoría de las calderas industriales, pero con el aumento de su precio se ha optado por cambiar el sistema de combustible a Bunker No 6, ya que es mas barato.

Uno de los principales inconvenientes del Bunker es que es muy viscoso (pesado) y no muy limpio; pero esto se soluciona calentándolo para bajar su viscosidad

utilizando precalentadores, uno en el tanque de combustible diario y otro antes de que ingrese al quemador a una temperatura aproximada de 110 °C.

En el anexo D podemos establecer que la viscosidad a esta temperatura es 1000 segundos Saybolt.

El consumo de combustible a pesar de ser otro parámetro importante, este dependerá del tipo de caldera.

Como dato de referencia proporcionado por York Shipley, el consumo por caballo de caldera (CC) dado en galones americanos por hora (GPH) para calderas de tubos de fuego tipo compacta es el siguiente:

◆ Diesel oil (No 2) : 0,295 GPH/CC

◆ Fuel oil (No 6 ó Bunker C) : 0,275 GPH/CC

Este consumo está dado considerando que las calderas de tubos de fuego tipo compacta trabajan a una eficiencia del 80%.

En la tabla VII presentamos las principales propiedades del Diesel y Fuel oil en el Ecuador.

**TABLA VII**

PROPIEDADES	DIESEL OIL N 2	FUEL OIL N 6
Viscosidad SSU a 100 F	36 - 45	3714 - 3805
Gravedad específica	0,85 - 0,86	0,9503 - 0,9535
Grados API	33 - 35	16,9 - 17,4
Punto de inflamación (F)	180	285
Punto de combustión (F)	-	-
Punto de fluidez (F)	44	30
Poder calorífico superior (Kcal/Kg)	10700	10900
Porcentaje agua-sedimentos %	Trazas	Trazas
Contenido de azufre %	0,49	1,5
Contenido de vanadio (ppm)	1,5	120
Contenido de cenizas %	-	0,04 - 0,15
Contenido de sodio (ppm)	-	Trazas

**PROPIEDADES DEL DIESEL OIL Y FUEL OIL  
USADOS EN EL ECUADOR**

**4.2 DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DEL COMBUSTIBLE**

La capacidad dependerá del consumo de combustible de la caldera y del número de calderas que existan en la planta. En cualquier caso, es recomendable disponer de tanques de reserva que tengan una capacidad de almacenamiento de tal magnitud que el combustible pueda durar de 15 a 30 días de tiempo de funcionamiento de la(s) caldera(s).

El tanque de servicio diario, deberá tener como mínimo una capacidad de almacenamiento tal, que el combustible pueda durar 24 horas de operación.

Litros	Galones Americanos	Caballos Caldera
1500	369,3	hasta 150
2000	528,4	60 - 70
3000	792,6	80 - 100
4000	1056,8	125
5150	1360,6	150
6000	1585,2	200
7300	1928,7	250
10000	2642	300

**Nota.**-Para calderas de capacidades superiores a 300 CC deberá calcularse y diseñarse el tanque de servicio diario tomando como dato principal el consumo de combustible de la caldera.

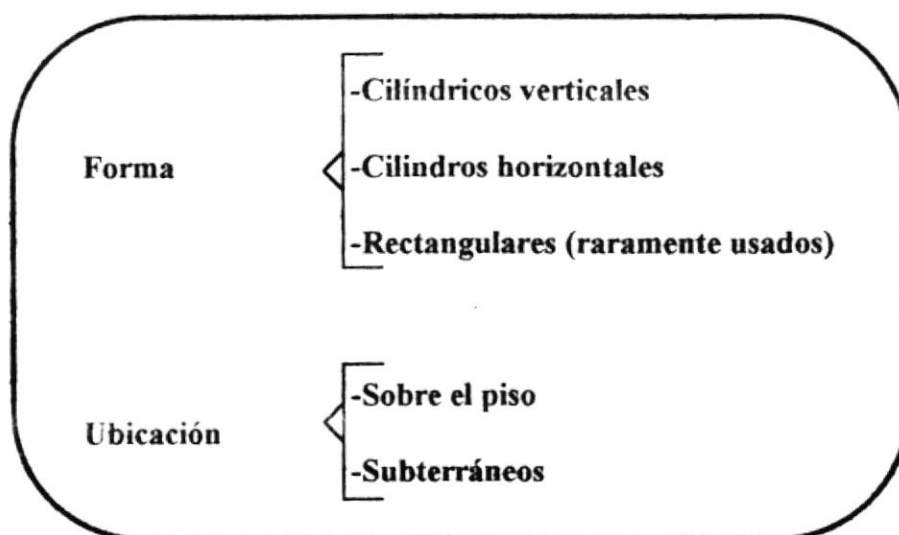
#### **TABLA VIII CAPACIDAD MINIMA DE ALMACENAMIENTO CON RESPECTO A CC**

En la tabla VIII podemos tomar como guía la capacidad mínima de almacenamiento para calderas compactas de tubos de fuego con respecto a los HP ó caballos de caldera (CC).

Observamos que representa 5150 Litros ó 1360.6 Galones.

### 4.3 CAPACIDAD Y DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE

Los tanques de combustible pueden clasificarse por su:



El tanque de servicio diario debe ser colocado lo mas cerca posible de la caldera, ubicado al interior del local donde se encuentra la caldera.

En la figura 4.1 podemos observar las especificaciones técnicas para los tanques de combustible; como nuestro caso es el Bunker, obtenemos las dimensiones para 5150 Litros:

<b>D</b>	<b>L</b>	<b>Calibre</b>
<b>mm</b>	<b>mm</b>	<b>lámina</b>
<b>1350</b>	<b>3660</b>	<b>12<sup>2</sup></b>

<sup>2</sup> Calibre 12 representa 2,72 mm



Luego calculamos el tanque de reserva para que pueda almacenar una cantidad de combustible tal que dure 20 días de funcionamiento de la caldera.

$$5150 \text{ Litros/día} \times 15 \text{ días} = 77250 \text{ Litros, entonces:}$$

$$\phi = 4 \text{ m.}$$

$$L = 6 \text{ m.}$$

#### **4.4 CALCULO Y SELECCION DE LA(S) BOMBA(S) DE COMBUSTIBLE**

**Las bombas de combustible son del tipo de desplazamiento positivo, rotativas y de engranajes. Teniendo como características principales su cabezal y su caudal volumétrico. Anexo C**

- **Para el caso de fuel oil (combustible pesado) la altura de succión de la bomba no debe exceder de 17 pulgadas de mercurio (19,26 pies de columna de agua), sea que la bomba esté o no integrada a la caldera.**
- **La presión de descarga de la bomba pueda fluctuar de 75 a 100 Psi dependiendo del arreglo de las tuberías del sistema de combustible.**
- **El caudal de la bomba dependerá de los caballos de caldera, desde 30 hasta 400 GPH.**

La bomba de combustible va a ser de engranajes y la potencia del motor va a ser la siguiente:

Con la siguiente fórmula obtengo mi potencia:

$$Hp = \frac{8.33 \cdot Q \cdot TDH \cdot ge}{33000 \cdot \eta}$$

Donde:

Q	=	caudal (GPM)
TDH	=	cabezal (pies de agua)
ge	=	volumen específico
$\eta$	=	coeficiente (0.5 - 0.8)

$$Q = 150 \text{ CC} \times 0.275 \text{ GPH/CC} = 41.25 \text{ GPH}$$

$$Q = 41.25 \text{ GPH} \times 1\text{H}/60 \text{ min} = 0.66 \text{ GPM}$$

$$TDH = 175.25 \text{ pies de agua}$$

$$ge = \text{volumen específico}$$

$$\eta = 0.75$$

$$HP = \frac{8.33 \times 0.66 \times 175 \times 0.85}{33000 \times 0.75}$$

$$HP = 0.033$$

Entonces necesitaríamos un motor de 1/4 Hp

Me reafirmo en este dato, ya que con las especificaciones dadas, al utilizar la bomba marca Hidromac del tipo HC, que es justa para bombeo de combustibles; en los catálogos que están en el anexo E veo si están dentro de los parámetros normales de uso que necesito.

## CAPITULO V

### 5. CALCULO Y DISTRIBUCION DE LAS TUBERIAS

El sistema de distribución de vapor constituye el objetivo de la generación de vapor desde la caldera hasta los diferentes puntos de consumo; un incorrecto dimensionamiento y montaje de las tuberías de vapor hace que este no llegue a la presión y temperatura deseados.

Los parámetros necesarios para dimensionar las tuberías de vapor son:

*Caudal másico (lb/h ó Kg/h).*- Es la cantidad de vapor que produce la caldera o también la suma de los caudales másicos que consumirían los equipos conectados a la tubería, más los caudales de condensación por pérdidas.

*Presión de vapor (lb/pulg<sup>2</sup> ó Kg/cm<sup>2</sup>).*- Para el cálculo tomamos la presión al comienzo del tramo a calcular, con la precaución de no tomar tramos que no superen los 100 mts.

*Caída de presión máxima admisible (lb/pulg<sup>2</sup> ó Kg/cm<sup>2</sup>).*- Es la diferencia entre la presión disponible al comienzo del tramo y la presión necesaria al final del mismo.

*Longitud total de la tubería (mts).*- Se considerará la longitud de la tubería horizontal más la longitud debido a válvulas, codos , conexiones, etc.

### **Observaciones para el cálculo de las tuberías de vapor**

- \* A menor presión de vapor, se requerirá mayor tamaño de tubería debido al incremento del volumen específico.
- \* A mayor caudal (mayor velocidad) se incrementa la caída de presión para un determinado tamaño de tubería.
- \* Por las altas velocidades que acompañan las caídas de presiones, el vapor erosionará tuberías, especialmente en los codos y en los cambios de dirección; también puede producir ruidos molestos.

## 5.1 DISTRIBUCION DE LAS TUBERIAS DE VAPOR

La distribución de las tuberías de vapor dependerá de la cantidad de los cuartos que se necesiten y estará relacionado con la producción existente de bloques. Por lo que anexamos un diagrama de Gant (figura 5.1) del proceso de fabricación del bloque para poder estimar la cantidad de cuartos a curar.

Para nuestros cálculos hemos utilizado ocho (8) cuartos que representa una cantidad cercana de treinta (30) mil bloques diarios ó quinientos (500) mil mensuales en una fábrica de producción media.

En la figura 5.5 se representa graficamente la distribución de la tubería principal de vapor de la planta, que tendrá una longitud aproximada de 50 metros, y de las boquillas de cada cuarto.

## 5.2 DETERMINACION DEL DIAMETRO DE LAS TUBERIAS DE VAPOR

Primero determinamos la cantidad de vapor (Kg vapor/hora) que circulará por la tubería, por lo que:

$$150 \text{ CC} \times \frac{15.65 \text{ Kg vapor/h}}{1 \text{ CC}} = 2340 \text{ Kg vapor / hora}$$

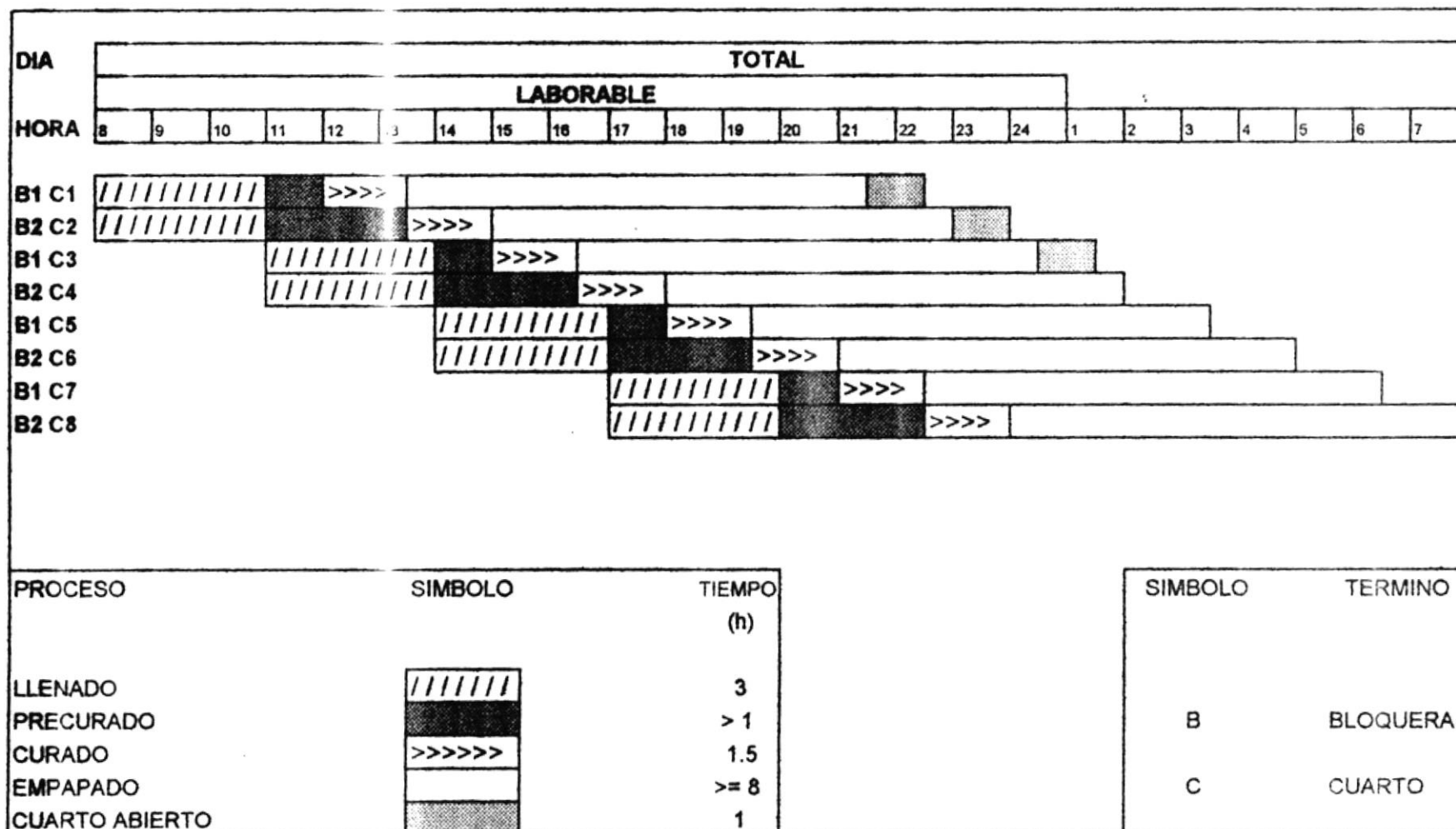


FIGURA 5.1 DIAGRAMA DE GANT DEL PROCESO DE FABRICACION

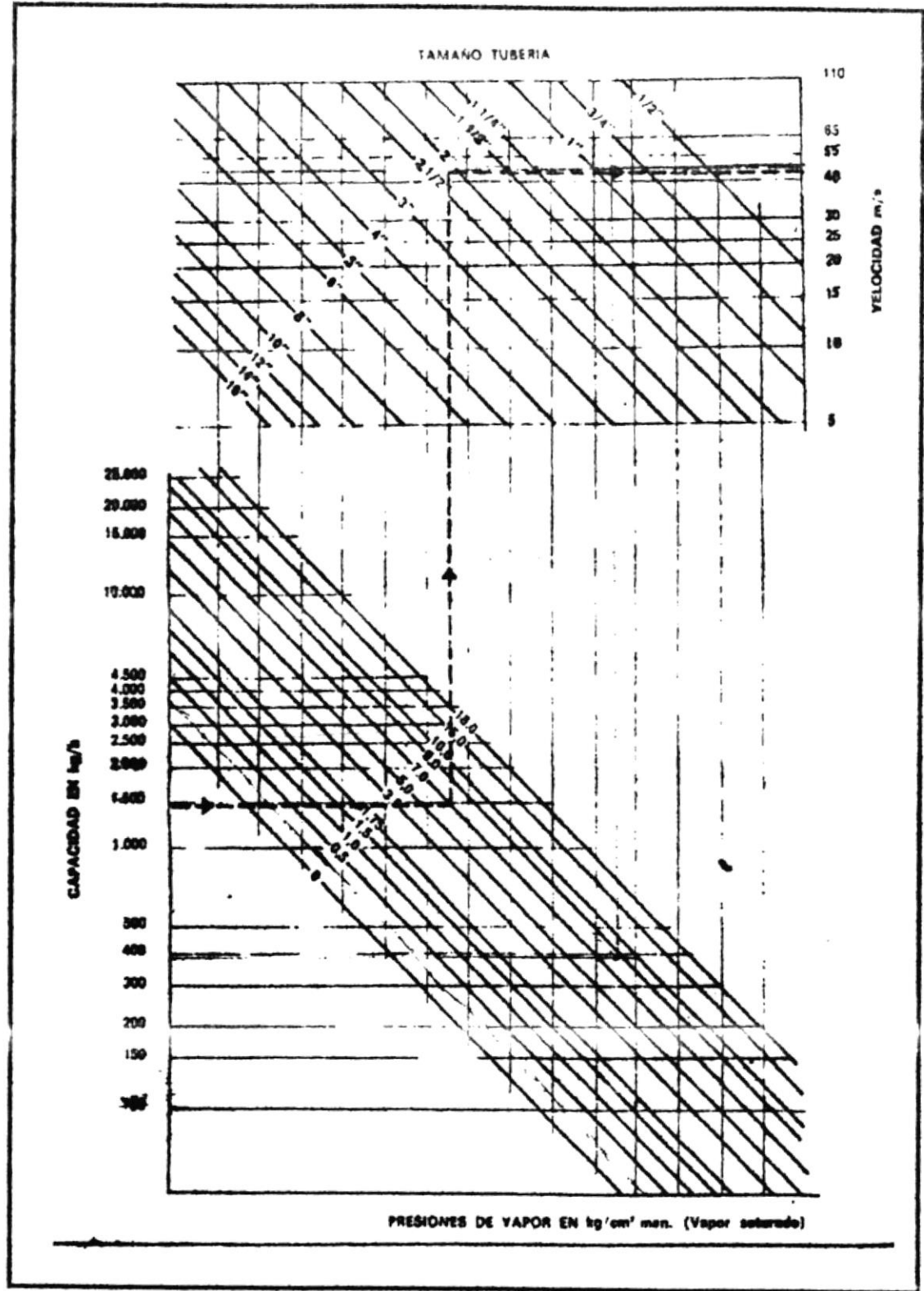


FIGURA 5.2 DIMENSION DE LAS TUBERIAS DE VAPOR

Como necesitamos cerca de 2340 Kg vapor/h por caldera, entonces con ayuda de la figura 5.2 encontraremos el diámetro correcto:

Nuestra presión de operación es 40 Psi

$$\frac{1 \text{ Kg/cm}^2}{14.22 \text{ PSI}} \times 40 \text{ PSI} = 2.8 \text{ Kg/cm}^2$$

Como nuestra presión de operación es relativamente baja, utilizo 2.8 Kg/cm<sup>2</sup> y una velocidad<sup>3</sup> aproximada de 50 m/s; esto nos dá un valor de 3.5" de diámetro, pero como no hay esta medida tomamos la inmediata superior que es 4 pulgadas.

Con la figura 5.3 deducimos la caída de presión por cada 100m de longitud. De acuerdo a la figura 5.5 que muestra la distribución de la planta, tenemos que el último cuarto se encuentra a 50 m de la caldera, entonces este será nuestro punto de referencia.

Con el caudal de vapor y el diámetro obtenido anteriormente de la tubería determino la que la caída de presión es 0.18 Kg/cm<sup>2</sup> por cada 100 m de tubería; como este diagrama es para vapor saturado con una presión de 7 Kg/cm<sup>2</sup> debemos multiplicarlo por un factor de corrección; el mismo que es 1.8.

$$0.18 \text{ Kg/cm}^2 \times 1.80 = 0.324 \text{ Kg/cm}^2 ; \text{ que equivale a } 4.5 \text{ Psi.}$$

---

<sup>3</sup> Las velocidades convenientes para tuberías de vapor fluctúan entre los 15 y 60 m/s. Para tuberías de distribución se deben adoptar velocidades elevadas de hasta 50 m/s.

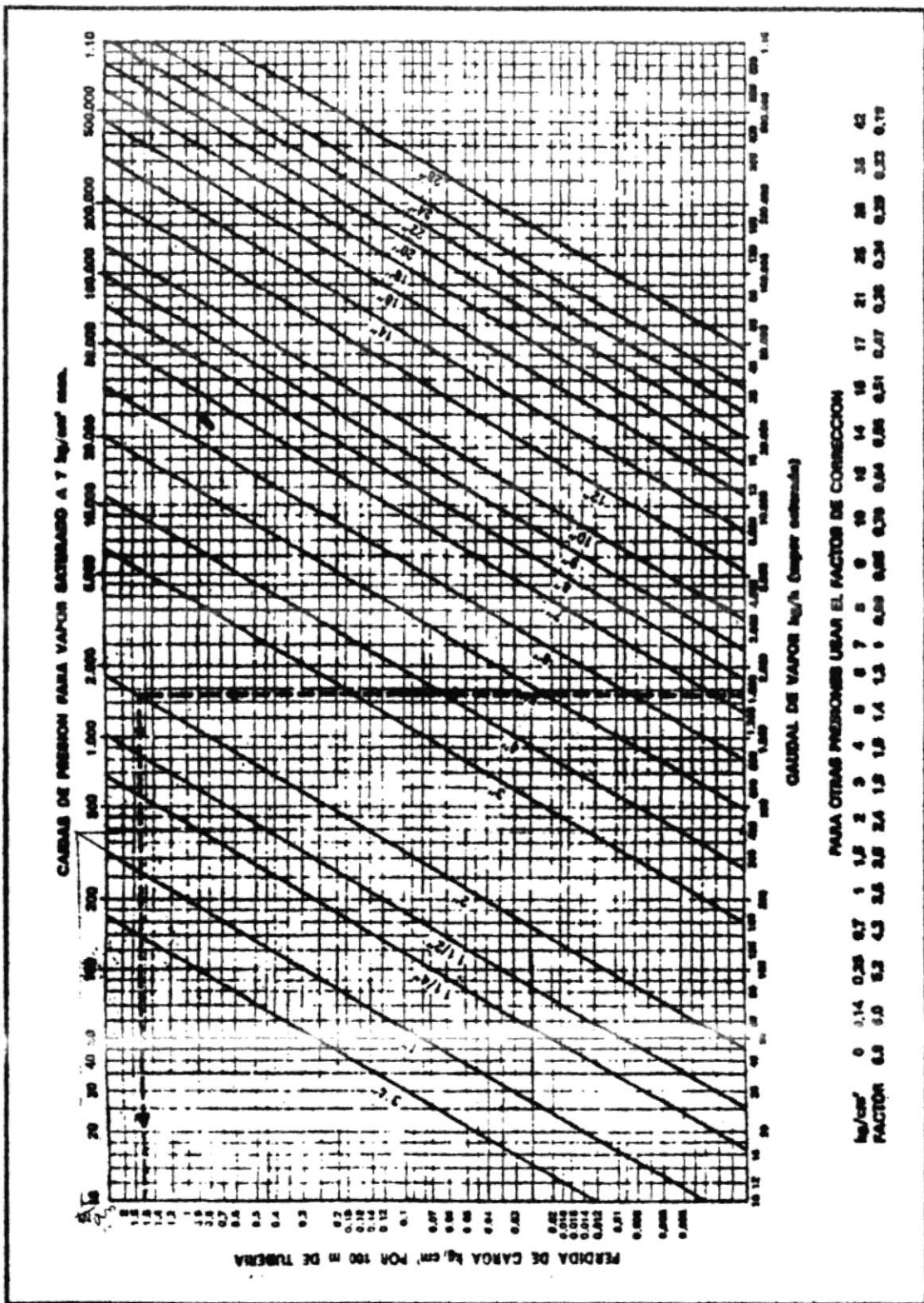


FIGURA 5.3 DIAGRAMA DE LA CAIDA DE PRESION EN TUBERIAS

Entonces:

$$\frac{0.315 \text{ Kg/cm}^2}{100 \text{ m}} (50 + 5) \text{ m} = 0.17 \text{ Kg/cm}^2; \text{ que equivale a } 2.5 \text{ Psi}$$

Por lo que no representa una pérdida significativa de presión.

$$40 \text{ Psi} - 2.5 \text{ Psi} = 37.5 \text{ Psi}$$

Los 5 m que se aumentan a la tubería, representan el 10% de pérdidas por todos los accesorios en la tubería (codos, válvulas, etc).

### Boquilla

Para calcular la presión de inyección, nos valdremos de la siguiente fórmula:

$$\frac{P_A}{\rho} + \frac{V_A^2}{2} + \cancel{gZ_A} = \frac{P_B}{\rho} + \frac{V_B^2}{2} + \cancel{gZ_B}$$

Entonces: 
$$\frac{P_A - P_B}{\rho} = \frac{V_B^2 - V_A^2}{2}$$

Según los información dada, la velocidad debe estar en un rango de 178 a 280 m/s; por lo que obtendremos el diámetro por igualación de los caudales:

$$Q_A = Q_B \quad \Rightarrow \quad V_A A_A = V_B A_B$$

$$Q_A = Q_B \quad \Rightarrow \quad 50 (\pi 4^2) = 280 (\pi D_B^2)$$

Donde:  $D_B = 1.76$  pulgadas, como no existe de este diámetro tomamos la mas precisa que equivale a una de 2 pulgadas.

Por lo que calculando de nuevo la velocidad de inyección, obtenemos:

$$V_A A_A = V_B A_B \Rightarrow 50 (\pi 4^2) = V_B (\pi 2^2)$$

$$V_B = 200 \text{ m/s}$$

Esta velocidad es aceptada, ya que se encuentra dentro de los rangos permitidos.

Si hubieramos escogido la tubería de menor diámetro; en este caso de una y media (1.5) pulgada; la velocidad resultante estaría alrededor de los 350 m/s, por lo que estaría fuera de los rangos permitidos.

Luego obtendremos la presión de inyección:

$$P_B = \left[ \frac{P_A}{\rho} + \frac{V_A^2 - V_B^2}{2} \right]$$

Datos:

$P_A$	=	250 (37.5)	KN/m <sup>2</sup> (Psi)
$V_A$	=	50	m/s
$V_B$	=	200	m/s
$\rho$	=	2	Kg/m <sup>3</sup>

$$P_B = \left[ \frac{250}{2} + \frac{50^2}{2} - \frac{200^2}{2} \right]$$

$$P_B = 105000 \text{ N/m}^2, \text{ lo que equivale a } 15 \text{ Psi } \text{ ó } 1.02 \text{ Kg/cm}^2$$

Esta presión es aceptada; porque se encuentra dentro del rango establecido, ya que permite una distribución del vapor adecuada y a una velocidad tolerable dentro del cuarto de curado.

### 5.3 DISTRIBUCION DE LAS TUBERIAS DE RETORNO DE CONDENSADO

El problema principal de dimensionamiento de este tipo de tuberías reside en el efecto de revaporizado. El condensado antes de ser descargado por las trampas de vapor, es agua caliente a la presión de trabajo de la instalación. Una vez descargado pasa a ser agua caliente a la presión de la línea de condensado, más cierta cantidad de revaporizado.

En la figura 5.5 presentamos una distribución esquemática de las tuberías de retorno de condensado en la planta.

Hay que tomar en cuenta tres períodos de funcionamiento de una planta de vapor:

**Puesta en marcha:** En esta operación el aire y el condensado frío son descargados a través de trampas de vapor.

**Pre calentamiento:** La trampa de vapor descarga gran cantidad de condensado frío debido a que la instalación no llega a la temperatura de régimen.

**Régimen:** Una vez que la instalación ha llegado a la temperatura deseada, el caudal de condensado se reduce al normal de régimen, pero como el condensado tiene ahora una temperatura próxima a la del vapor, tendremos revaporizado.

#### 5.4 DETERMINACION DEL DIAMETRO DE LAS TUBERIAS DE RETORNO DE CONDENSADO.

La experiencia nos muestra que si diseñamos la tubería de retorno, como una tubería de agua, con el caudal de precalentamiento, será capaz de transportar el condensado y revaporizado de régimen.

##### Carga de condensado

##### **Calentamiento de combustible con vapor**

$$\frac{\text{Kg de condensado}}{\text{hora}} = \frac{\text{GPM} \times \Delta T}{8.8}$$

Donde: GPM = Galones por minuto

$\Delta T$  = Aumento de temperatura en ° F

Entonces : Para el primer calentador

$$\frac{\text{Kg}}{\text{h}} = \frac{0.68 \times (110 - 170)}{8.8} = 3.08 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \text{ Carga de Condensado}$$

Entonces : Para el segundo calentador

$$\frac{\text{Kg}}{\text{h}} = \frac{0.68 \times (200 - 110)}{8.8} = 7 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \text{ Carga de Condensado}$$

##### **Cuarto de curado**

$$\frac{\text{Kg de condensado}}{\text{hora}} = \frac{W_i \times \Delta T \times C_p}{L \times t}$$

Donde:  $W_i$  = Peso del material (Kg)  
 $\Delta T$  = Aumento de temperatura en ° C  
 $L$  = Calor latente de vapor (Kcal/Kg)  
 $C_p$  = Calor específico (Kcal/Kg ° C)  
 $t$  = Tiempo (horas)

Entonces :

$$\frac{\text{Kg}}{\text{h}} = \frac{45864 \times 52 \times 0.58}{985.2 \times 1.5} = 1830 \quad \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \text{ Carga de Condensado}$$

### **Tuberías de condensado**

Tomaremos como velocidad permitida a 15 m/s o 2970 Pie/min, y con una presión de retorno de 0.7 Kg/cm<sup>2</sup> ó 10 lb/pulg.

Primero busco la velocidad por cada 100 lb/h :

El caudal de retorno debe ser el doble.

$$\frac{\text{Veloc. permisible} \times 100}{\text{carga de condensado}} = \frac{2970 \text{ Pie/min} \times 100}{3680 \text{ Lb/h}} = 81 \text{ Pie/min por cada } 100 \text{ Lb/h}$$

Luego con la presión del vapor y de retorno del condensado, voy a la figura 5.4 y

hallo el factor de escala, entonces:

Con 15 lb/pulg<sup>2</sup> y 10 lb/pulg<sup>2</sup> encuentro, que el factor es 0.17

$$81 \div 0.17 = 476 \text{ Pie/min por cada } 100 \text{ lb/hora}$$

Con el mismo gráfico; con 15 lb/pulg<sup>2</sup> y 476 Pie/min por cada 100 lb/h.; hallo el valor que se encuentra entre las márgenes de 1 y 3/4 de pulgadas.

Tomo la inmediata superior que es 1 de pulgada de diámetro.

cuando se descarga a una presión mayor que la atmosférica multiplicar la velocidad por el factor correspondiente para la presión de suministro y descarga

Para otras tuberías multiplicar la vel. de la tubería de 3" por:

Tubería	Factor
1 1/2"	0.5
2"	0.67
3"	1.0
4"	1.33
6"	2.0

FACTOR

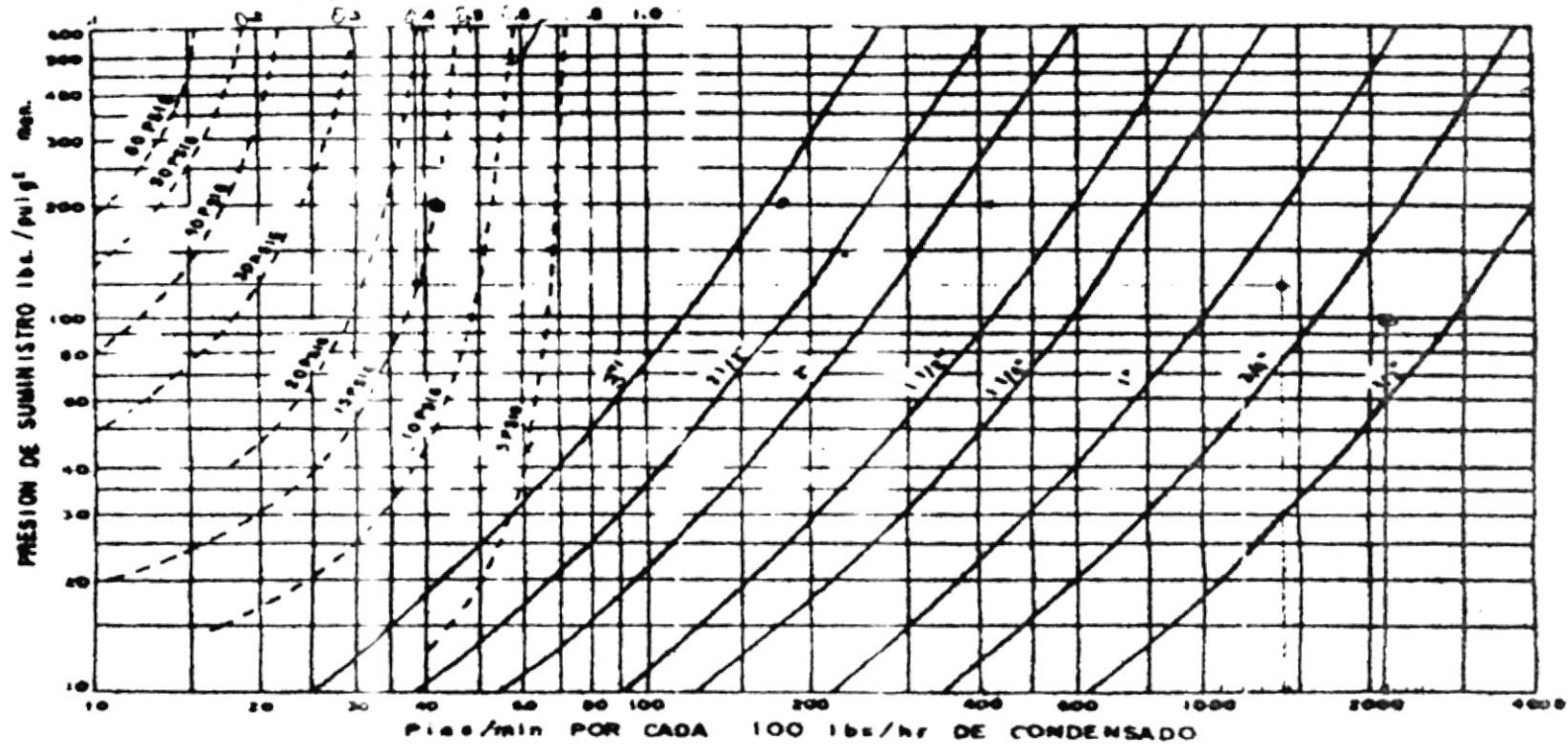
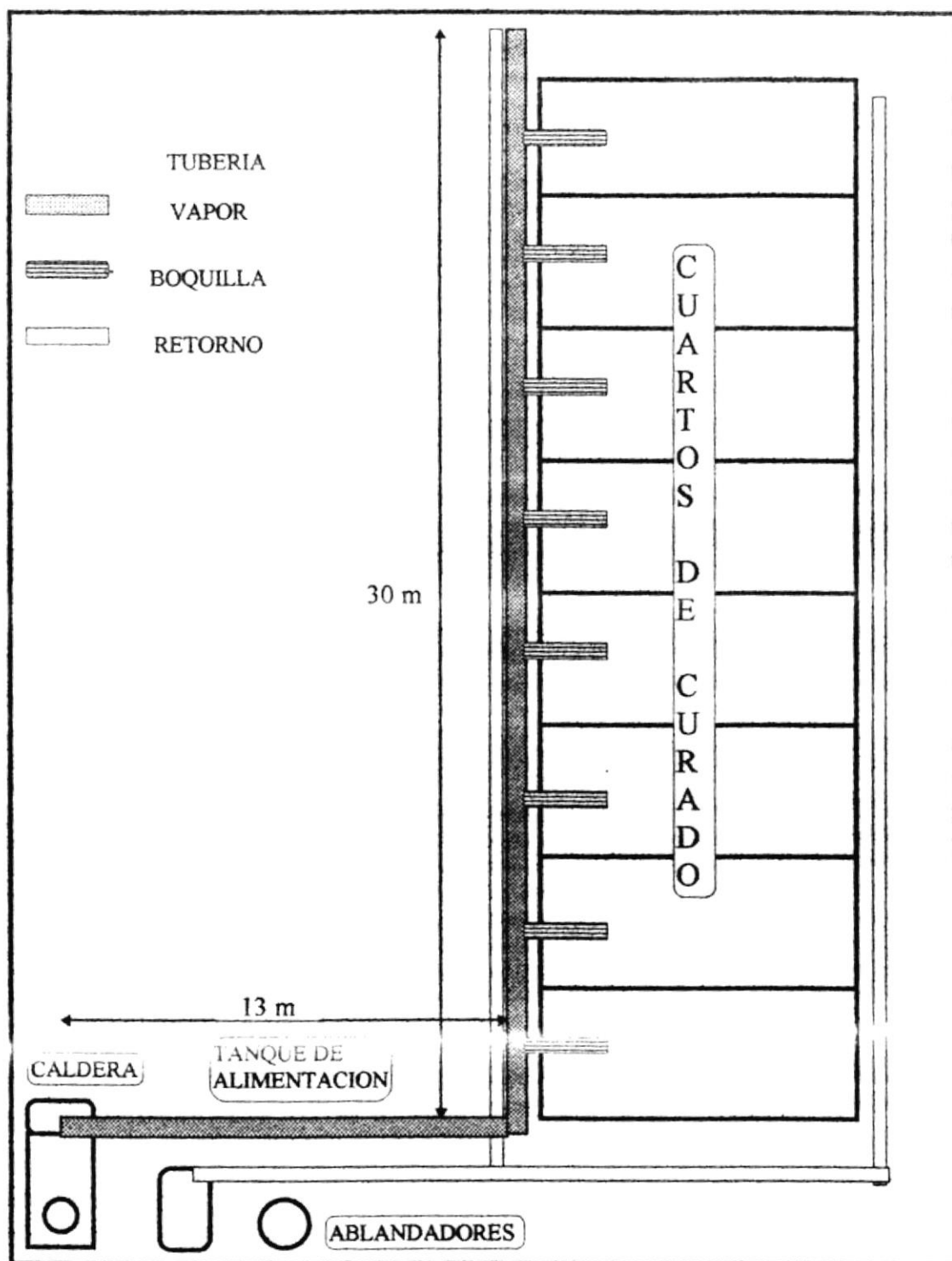


FIGURA 5.4 DIMENSION DE LAS TUBERIAS DE RETORNO DE CONDENSADO



**FIGURA 5.5 DISTRIBUCION DE LAS TUBERIAS DE VAPOR Y RETORNO DE CONDENSADO.**

## **CAPITULO VI**

### **6. SELECCIÓN Y UBICACIÓN DE LAS TRAMPAS DE VAPOR**

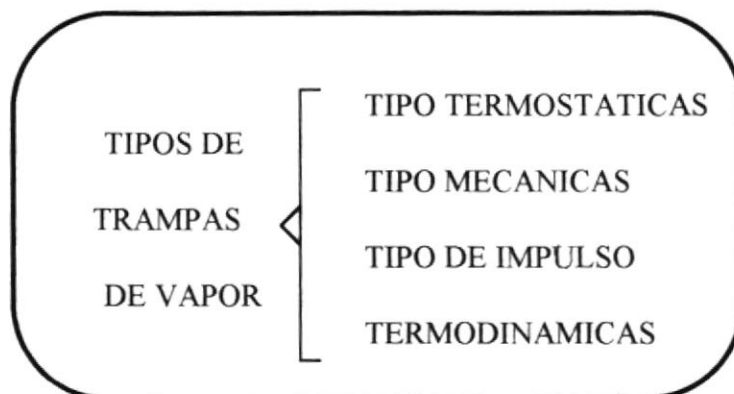
#### **6.1 TIPOS DE TRAMPAS DE VAPOR**

Las trampas de vapor constituyen un complemento indispensable en todo sistema de vapor, pues con estos elementos se consigue:

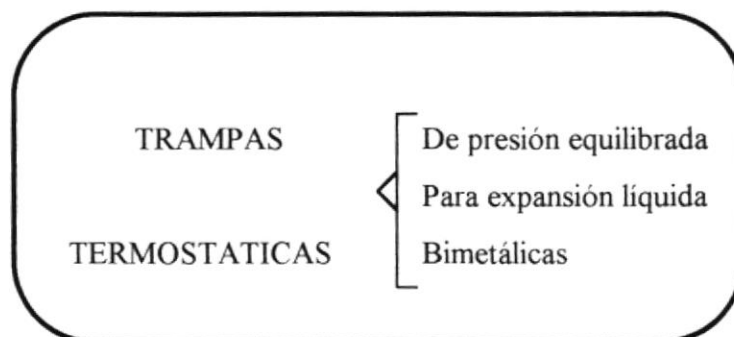
- ♦ Extraer el condensado que se forma, y;
- ♦ Eliminar el aire indeseable y los gases no condensables.

Por lo tanto, una trampa de vapor no es otra cosa que una válvula automática, la misma que ejerce las funciones arriba mencionadas y que además impide las pérdidas de vapor del sistema.

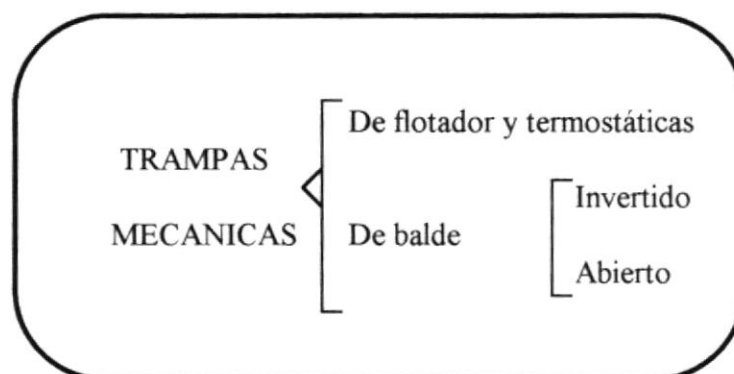
Entre los diferentes tipos de trampas de vapor podemos mencionar los siguientes:



Las trampas termoestáticas pueden ser:



Las trampas tipo mecánicas pueden ser:



## 6.2 CÁLCULO DE LA CARGA DE CONDENSADO

La carga del retorno de condensado fueron obtenidas en el capítulo anterior (5.4), la misma que es 1830 Kg de vapor por hora.

## 6.3 SELECCIÓN DE LAS TRAMPAS DE VAPOR

Como hemos visto las trampas de vapor son muy diversificadas, por lo tanto el escoger la trampa adecuada es un asunto bastante delicado. En lo referente al tamaño se requiere hacer un cálculo prolijo para establecer el tamaño correcto de la trampa según parámetros:

- Cantidad de condensado que debe separar la trampa ( Kg/h ó lb/h )
- Presión diferencial entre la entrada y la salida de la trampa
- Factor de seguridad

Sin embargo existen catálogos dados por los fabricantes de trampas en lo cual se hace más fácil la selección de las mismas.

La tabla IX nos puede servir de guía para seleccionar el tipo de trampa adecuada.

Mediante ésta tabla seleccionaremos las trampas de vapor, y estas son:

APLICACION	ALTERNATIVA PREFERIBLE	ALTERNATIVA TOLERABLE
Serpentines de calefacción de aire baja y media presión, alta presión	Flotador y Termostática	Termodinámica
Calentadores de agua (instantáneos) Calentadores de agua (almacenamiento)	Flotador y termostática Flotador y termostática	- -
Intercambiadores de calor Pequeños - alta presión Grandes - Baja y media presión Recalentadores	Termodinámica Flotador y termoestática Flotador y termoestática	Flotador y termoestática - -
Recipientes con camisa de vapor Alta presión Baja presión	Termodinámica Flotador y termoestática	Flotador y termoestática Termodinámica
<b>Trampas para drenar líneas principales de A68vapor</b> 0 - 15           psig 16 - 125       psig 126 - 600      psig	Flotador y termoestática Termodinámica Termodinámica	- Flotador y termoestática Balde invertido
Serpentines de tubería de vapor (Calefacción de aire)	Termoestática de presión equilibrada	Termodinámica
Radiadores de vapor	Termoestática de presión equilibrada	Termodinámica
Separadores de vapor 0 - 15           psig 16 - 125       psig 126 - 600      psig	Flotador y termoestática Termodinámica Termodinámica	- Flotador y termoestática Balde invertido
Líneas de tránsito de vapor	Termodinámica	Expansión líquida
Serpentines de tanques de almacenamiento	Expansión líquida	Termodinámica
Serpentines sumergidas de calefacción Baja presión Baja y media presión	Termodinámica Flotador y termoestática	Balde invertido Termoestática de presión equilibrada

**TABLA IX SELECCION DE TRAMPAS DE VAPOR**

1. Termodinámicas
2. De flotador y termostática

La primera opción es la recomendada y la segunda, es una alternativa propuesta en caso de no disponer éste tipo de trampas.

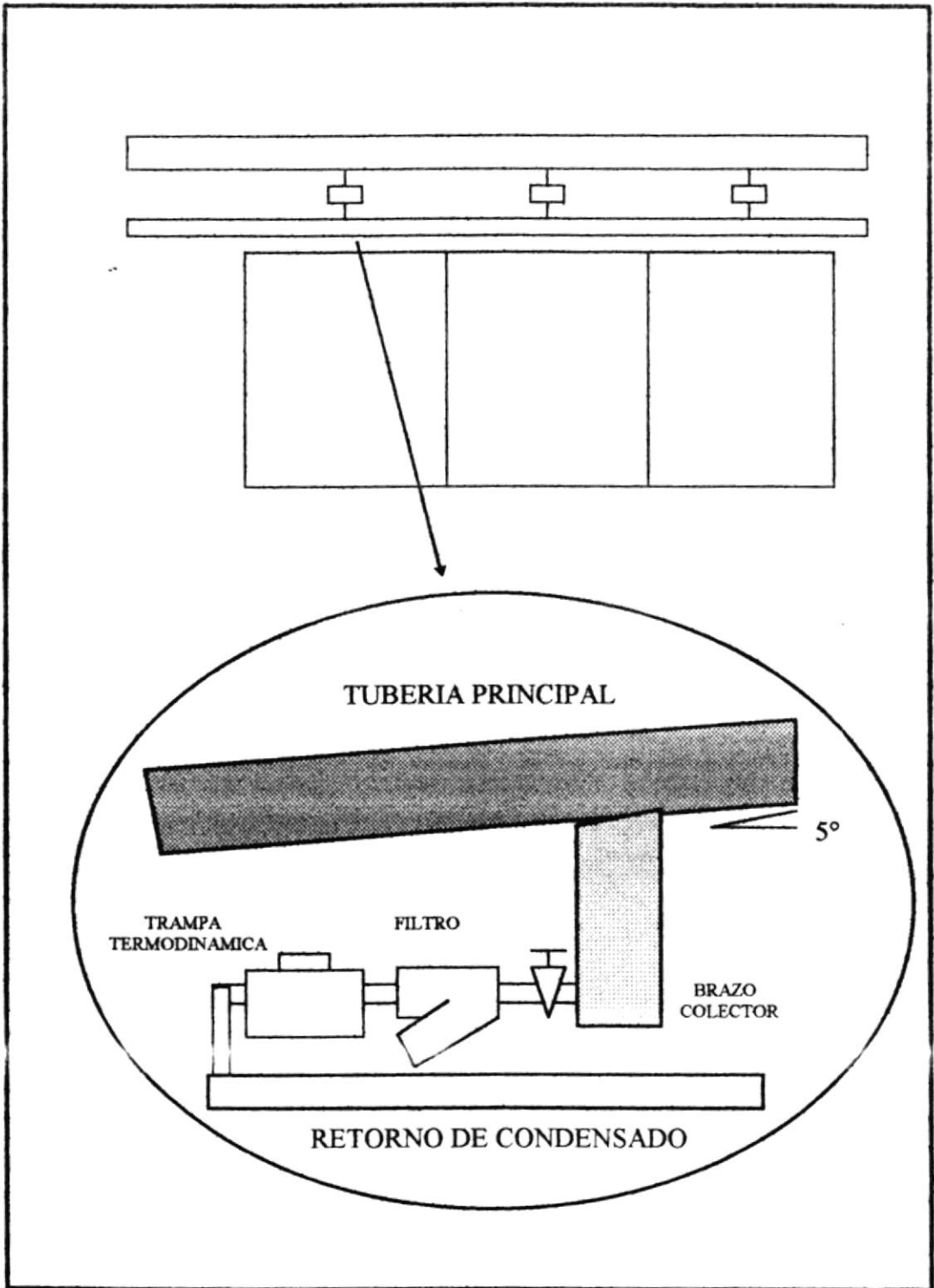
#### **6.4 UBICACIÓN DE LAS TRAMPAS DE VAPOR**

Las trampas de vapor deben colocarse debajo del equipo ó de la tubería que se quiere drenar, para permitir al condensado fluir con gravedad a la trampa.

Las trampas excepto las termodinámicas deben instalarse cerca de los equipos que se desea drenar.

La trampas termostáticas pueden colocarse a una cierta distancia del equipo para que el condensado se enfríe un poco.

En la siguiente página se presentará el esquema de la instalación y ubicación de las trampas de vapor de la planta.



**FIGURA 6.1 UBICACION DE LAS TRAMPAS DE VAPOR**

## CAPITULO VII

### 7. TRATAMIENTOS DEL AGUA DE LA CALDERA

El agua constituye la materia prima para la generación de vapor, en toda caldera; la misma que contiene impurezas, las cuales son sustancias dañinas que deben ser tratadas químicamente o mecánicamente para su remoción ó eliminación.

Como son las incrustaciones, que se deben a impurezas que se encuentran presentes ya sea en forma de sólidos en suspensión ó en forma de sólidos disueltos; estas impurezas generalmente son sales de calcio, magnesio y silicio que se presentan como cloruros, sulfatos y carbonatos.

Problemas de las incrustaciones:

1. Pérdida de eficiencia
2. Mayor consumo de combustible
3. Recalentamiento de los tubos
4. Corrosión acentuada
5. Fallas muy costosas

En la tabla X podemos notar del efecto negativo de las incrustaciones, correspondiente a la eficiencia de la caldera.

ESPESOR DE INCRUSTACION		PERDIDA DE CALOR
Plg.	mm	%
0.02	0.51	4
0.03	0.76	7
0.04	1.016	9
0.05	1.27	10
0.06	1.52	13
0.09	2.28	15
0.11	2.79	16

**TABLA X PERDIDA DE TRANSFERENCIA POR INCRUSTACION**

## 7.1 TIPOS DE TRATAMIENTO DE AGUA

Entre los principales tratamientos externos tenemos:

- a) Filtración
- b) Sedimentación
- c) Floculación
- d) Desaireación

- e) Ablandamiento
- f) Desalcalización
- g) Procesos de cal sodada
- h) Destilación
- i) Tratamiento de los condensados
- j) Sistema electromagnético

Aplicaremos el sistema de ablandamiento; donde se eliminan las impurezas con el nombre de durezas y las reemplaza por otras, que no revisten este carácter. Se realiza por reacciones del tipo químico por medio de un Intercambiador Iónico de Ciclo Sódico, que es de bajo costo pero con dos desventajas:

- A) No reduce la alcalinidad, y
- B) No reduce los sólidos flotantes.

El cálculo del ablandador se lo presentará después.

El resumen de los posibles tratamientos químicos se describen en la tabla XI dada a continuación:

Compuesto Químico	Aplicación
Fosfato de sodio	Para prevenir incrustaciones
Hidróxido de sodio	Para prevenir incrustaciones y para minimizar la corrosión
Polímeros	Para prevenir incrustaciones y para acondicionar lodos
Taninos / Almidón	Para acondicionar lodos
Hidrazina / Sulfito de sodio	Para remover oxígeno
Antiespumantes	Para prevenir arrastres y espumeo
Aminas neutralizantes	Para neutralizar el CO <sub>2</sub>

**TABLA XI COMPUESTOS QUIMICOS Y SUS USOS**

## **7.2 Control del tratamiento del agua**

Al no existir un control en lo referente a las sales de sodio, esta concentración alcanzará un punto tal en el cual puede producirse “espuma” y “priming”; si bien estos términos son sinónimos, el “priming” se refiere a una ebullición repentina y algo explosiva causada por altos niveles de agua en el colector de vapor, mientras

que el espumeo se refiere al a formación de muy pequeñas burbujas dispersadas sobre el vapor.

Por lo que el control del tratamiento del agua, estará orientado por los análisis químicos del agua de calderas y su comparación con los valores máximos permisibles dados por los fabricantes de calderas, como son:

ABMA American Boiler Manufactures Association

ABAI American Boiler and Affiliated Industries

BSI British Standard Institution

ASB Association of Shell Boilermakers

A fin de preparar una caldera para que pueda operar eficientemente es imprescindible chequear la calidad de su agua en las siguientes partes del sistema:

1. En la caldera propiamente dicha
2. En el sistema de agua de alimentación
3. En el sistema de retorno de condensado

Las pruebas más usuales del agua de calderas con las que deben familiarizarse los ingenieros encargados del mantenimiento son:

- Dureza
- Alcalinidad P
- Alcalinidad M
- Cloruros
- Fosfatos
- Sólidos disueltos
- Sulfito de Sodio
- Hidrazina
- Sílice
- pH

**Dureza.** Esta prueba es efectuada cuando no se realiza la prueba de reserva de fosfato, ya que si el fosfato esta presente significaría que no hay dureza.

**Alcalinidad P.** La alcalinidad a la fenolftaleina es la medida de la alcalinidad debido a la presencia en el agua de calderas de cualquier hidróxido de sodio, carbonato de sodio ó fosfato de sodio.

**Cloruros.** Detecta la presencia de agua salada en el agua de calderas, en forma de cloruros de sodio y magnesio.

**Sólidos Totales Disueltos.** Existen 2 métodos para su determinación:

- **Hidrómetro.** Se lo utiliza para valores superiores a 2000 ppm.
- **Conductividad eléctrica.** Se lo utiliza para valores inferiores a 2000 ppm.  
Hay que tener presente que la conductividad eléctrica del agua es proporcional a la cantidad y naturaleza de las sustancias disueltas en ella.

**Hidrazina.** El reactivo que se utiliza, en presencia de la hidrazina produce un color amarillo. La intensidad del color dependerá de la cantidad de hidrazina presente.

**PH.** Este ensayo puede ser realizado por dos métodos:

- **Colorimétrico.** Se lo realiza con un indicador, cuyo color será comparado con una serie de colores normalizados.
- **Potenciométrico.** Su funcionamiento se basa en la diferencia de potencial que posea el agua de caldera.



## 5.- CAPACIDAD DE INTERCAMBIO REQUERIDA (CIR)

$$\text{CIR} = \text{Dureza total} \times \text{Caudal} \times \frac{\text{Granos}}{17.1 \text{ ppm} \times \text{G}} \times \frac{\text{Kgranos}}{1000 \text{ Granos}}$$

$$\text{CIR} = 100 \text{ ppm.} \times 86400 \frac{\text{G}}{\text{día}} \times \frac{\text{Granos}}{17.1 \text{ ppm} \times \text{G}} \times \frac{\text{Kgranos}}{1000 \text{ Granos}}$$

$$\text{CIR} = 505.3 \text{ Kgranos/día}$$

## 6.- CAPACIDAD DE OPERACION (CO)

$$\text{CO} = \text{CA} \times \text{FE}$$

Donde

CO = Capacidad de operación

CA = Capacidad de Ablandamiento de la resina

FE = Factor equipo: Igual a la eficiencia del equipo, la cual es considerada como del 85%.

$$\text{CO} = 32 \text{ Kgranos/pie}^3 \times 0.85$$

$$\text{CO} = 27.2$$

## 7.- CICLO DE REGENERACION

Por conveniencia tomaremos ciclos de dos días, de este modo la resina estará en funcionamiento durante un período de tiempo relativamente largo en una columna de intercambio de dimensiones apropiadas. Los ciclos de regeneración pueden ser variados cambiando el volumen de resina y/o la concentración de regenerante.

## 8.- VOLUMEN DE RESINA

$$V. Rs = \frac{CIR \times DRC}{CO}$$

Donde

V. R = Volumen de resina

CIR = Capacidad de intercambio requerida

DCR = Días ciclo regeneración

CO = Capacidad de operación

$$V. Rs = \frac{505.3 \text{ Kgranos/día} \times 2 \text{ Días}}{27.2 \text{ Kgrano/ pie}^3}$$

$$V.Rs = 37 \text{ pie}^3$$

## 9.- CANTIDAD DE REGENERANTE POR CICLO (CRC)

$$CRC = D.Rg \times V. Rs$$

Donde

CRC = Cantidad de regenerante por ciclo

D. Rg = Dosificación de regenerante

V. Rs = Volumen de resina

$$CRC = \frac{10 \text{ Lbs NaCl}}{\text{pie}^3} \times 37 \text{ pie}^3$$

$$CRC = 370 \text{ Lbs NaCl}$$

## 10.- SOLUCION DE REGENERANTE

Concentración: 20% de NaCl en agua \*

NaCl                    370 Lbs                    168 Kg

H<sub>2</sub>O                    1480 Lbs                    673 Kg                    188Gls

\* Se recomienda emplear soluciones entre 10 y 26% de NaCl en agua.

## 11.- VOLUMEN DEL TANQUE REGENERANTE

Densidad solución acuosa de NaCl al 20% = 1.2 Kg/L (20 ° C)

Volumen mínimo =  $\frac{\text{Peso de solución acuosa de NaCl 20\%}}{\text{Densidad de solución acuosa NaCl 20\%}}$

$$= \frac{841 \text{ Kg}}{1.2 \text{ Kg/L}}$$

$$= 700.1 \text{ L} = 185 \text{ Galones}$$

## 12.- TIEMPO DE TRANSFERENCIA DEL REGENERANTE (TTR)

$$\text{TTR} = \frac{2 \text{ min} \times \text{pie}^3}{\text{Lb}} \times \frac{\text{Lbs NaCl}}{\text{Pie}^3 \text{ de resina}}$$

$$\text{TTR} = \frac{2 \text{ min} \times \text{pie}^3}{\text{Lb}} \times \frac{370 \text{ Lbs NaCl}}{37 \text{ Pie}^3 \text{ de resina}}$$

$$\text{TTR} = 20 \text{ minutos}$$

## 13.- CAUDAL DE FLUJO DEL REGENERANTE (CFR)

$$\text{CFR} = \frac{\text{VR}}{\text{TTR}}$$

Donde

CFR = Caudal de flujo del regenerante

TTR = Tiempo de transferencia del regenerante

VR = Volumen regenerante

$$\text{CFR} = \frac{185 \text{ G}}{20 \text{ min}}$$

$$\text{CFR} = 9.25 \text{ G/min}$$

## 14.-VOLUMEN AGUA DE LAVADO (VAL)

$$\text{VAL} = \text{ALR} \times \text{VRs}$$

Donde

$$\text{VAL} = \text{Volumen agua de lavado}$$

$$\text{ALR} = \text{Agua de lavado requerida (*)}$$

$$\text{V. Rs} = \text{Volumen resina}$$

$$\text{VAL} = 30 \text{ G/ pie}^3 \times 37 \text{ pie}^3$$

$$\text{VAL} = 1110 \text{ G}$$

\* Se recomienda emplear entre 20 y 40 G/ pie<sup>3</sup>

## 15.-CAUDAL DE FLUJO DEL AGUA DE LAVADO (CFA)

$$\text{CFA} = \frac{\text{VAL}}{\text{RL}}$$

Donde

$$\text{CFA} = \text{Caudal de flujo}$$

$$\text{VAL} = \text{Volumen agua de alimentación}$$

$$\text{RL} = \text{Rata de lavado (*)}$$

$$\text{CFA} = 1110 \text{ G/ 30 min}$$

$$\text{CFA} = 37 \text{ GPM}$$

\* Se recomienda 30 minutos

## 16.-VOLUMEN MINIMO DEL TANQUE DE LA RESINA (VMT)

$$VMT = V_{Rs} + VE$$

Donde

VE = Volumen de expansión de la resina (60 % del volumen de resina)

V<sub>Rs</sub> = Volumen resina

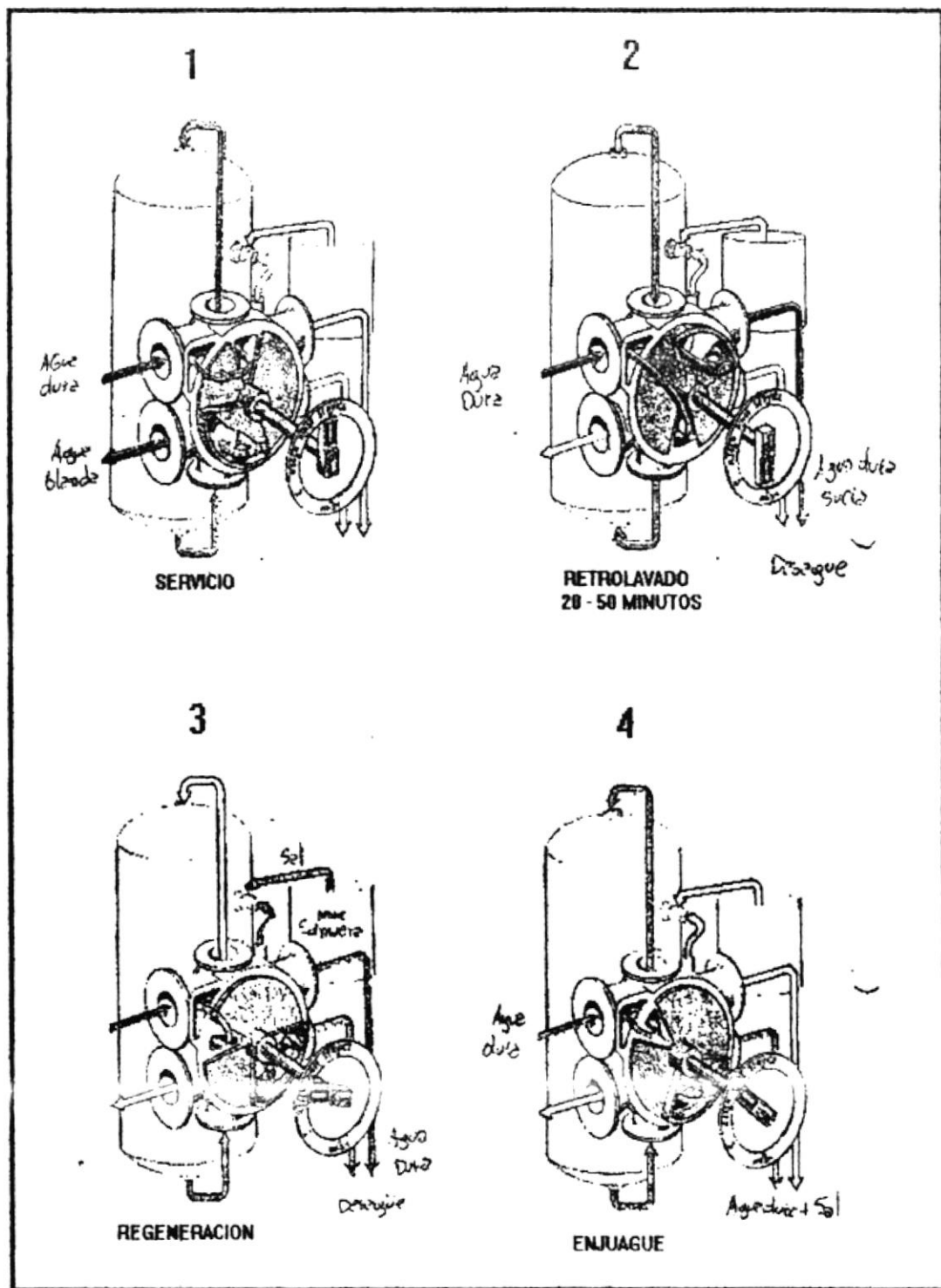
VMT = Volumen mínimo del tanque

$$VMT = 37 \text{ pie}^3 + 37 \text{ pie}^3 \times 0.6$$

$$VMT = 37 \text{ pie}^3 + 22.2 \text{ pie}^3$$

$$VMT = 59.2 \text{ pie}^3 = 60 \text{ pie}^3$$

En la siguiente página se presenta los pasos para la regeneración de la regeneración de los ablandadores.



**FIGURA 7.1 REGENERACION DEL ABLANDADOR DE AGUA**

## **CAPÍTULO VIII**

### **8. CONTROL DE LA COMBUSTIÓN DE LA CALDERA**

El humo excesivo que botan las calderas por las chimeneas es un indicativo de pérdidas económicas y de una baja eficiencia, ya que se estima una pérdida de combustible de hasta 15% debido a una combustión incompleta<sup>4</sup>. Otro inconveniente es el depósito de hollín sobre las superficies de transferencia de calor, actuando como aislante, por lo que los gases de escape aumentan su temperatura y por lo tanto un calor no aprovechado es expulsado.

Si añadimos a las pérdidas mencionadas los gastos de limpieza y mantenimiento del sistema más frecuentes que los necesarios en una buena instalación, se podría concluir que resulta importante mantener una correcta combustión.

#### **8.1 TIPOS DE CONTROL DE LOS GASES DE COMBUSTION**

El análisis de los gases de escape nos permite establecer si la combustión se está realizando adecuadamente; regulando las dos funciones básicas relacionadas con la combustión:

---

<sup>4</sup> Se considera como algo normal en el 90% de los casos una pérdida del 5% en combustible

⇒ Ajustar el suministro de combustible: manteniendo constante la producción de vapor ó la presión bajo variaciones de carga.

⇒ Corregir y mantener la relación de aire para el suministro de combustible.

En lo concerniente a los aparatos analizadores de gases existen algunos, pero vamos a citar el más tradicional que es el Orsat y el Bacharach.

### **Aparato Orsat**

Mide directamente los porcentajes en volumen de Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ), de Oxígeno (O) y de Monóxido de Carbono (CO) en el gas seco. Aunque otro de los componentes de los productos de la combustión es el vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ), este no es determinado en la prueba Orsat, sino que es asumido como remanente dentro del porcentaje de Nitrógeno ( $\text{N}_2$ ). (Figura 8.1)

Cuando el carbono se quema completamente con un volumen de  $\text{O}_2$ , se producirá un volumen de  $\text{CO}_2$  y nada de CO. Hay que tener presente que el aire contiene 21% de  $\text{O}_2$  en volumen y 79% de  $\text{N}_2$  igualmente en volumen.

A continuación se presenta una tabla comparativa con los porcentajes de aire utilizados.

	AIRE EN EXCESO %		
	0	50	100
Oxígeno %	0	7	11
CO <sub>2</sub> %	21	14	11
Nitrógeno %	79	79	79
Total %	100	100	100

**TABLA XII PORCENTAJES DE AIRE EN LA COMBUSTION**

## 8.2 PRUEBAS DE COMBUSTIÓN

Entre las pruebas principales tenemos:

1. Prueba con termómetro de chimenea
2. Prueba con el Analizador Fyrite de Bacharach para el CO<sub>2</sub>
3. Prueba de la opacidad de humos con el Medidor True-Spot de Bacharach

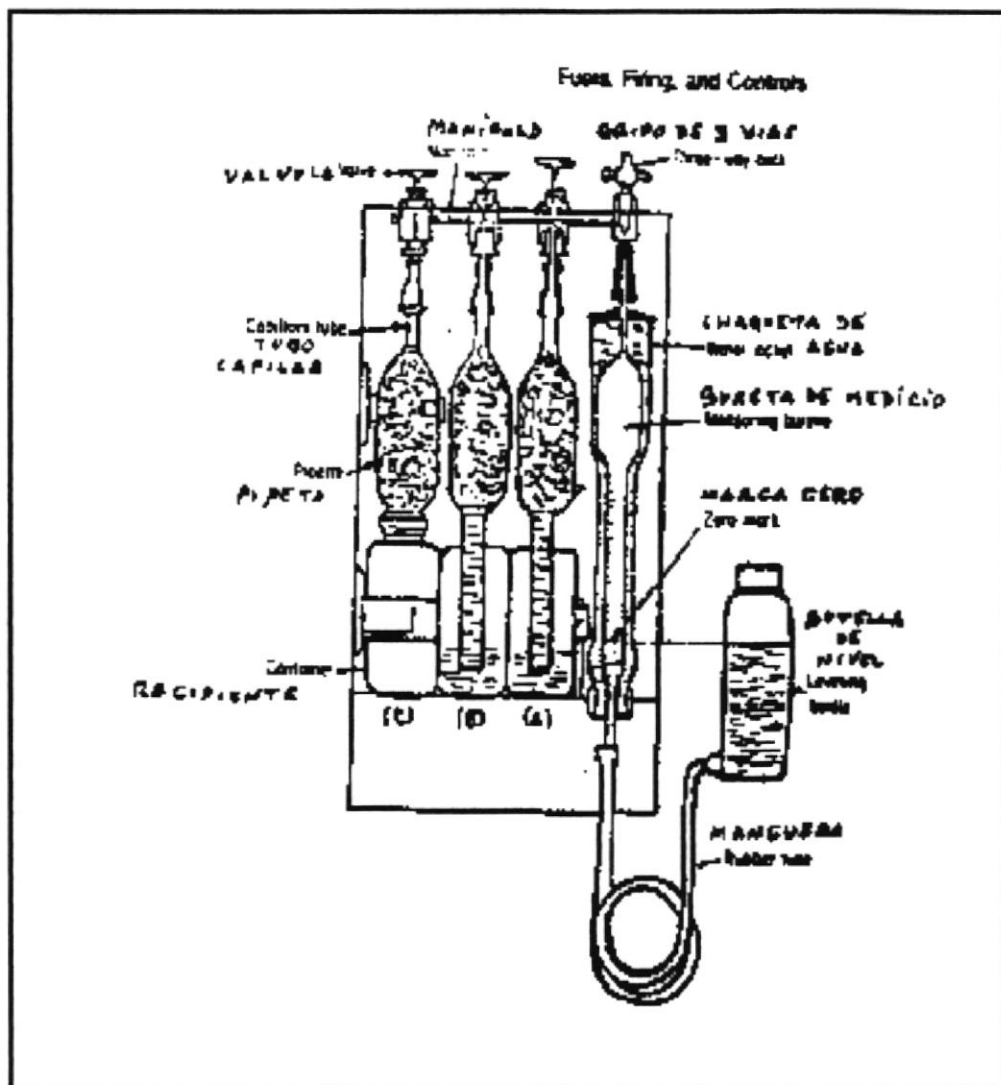


FIGURA 8.1 APARATO ORSAT

### Termómetro de Chimenea

Una prueba de combustión sería tomar la temperatura de los gases, en el conducto de humos entre la caldera y el regulador de tiro. Para calderas de presión media debe estar entre 200 y 300 °C.

Cualquier aumento de temperatura significará una disminución de eficiencia en la combustión, por las siguientes causas:

- a) Exceso de tiro<sup>5</sup>
- b) Superficies interiores de la caldera con depósitos de hollín.
- c) Insuficiente recorrido de los humos.
- d) Hogar subdimensionado
- e) Cámara de combustión incorrecta
- f) Exceso de combustión
- g) Ajuste defectuoso del regulador de tiro

### **Analizador Fyrete (Bacharach) de CO<sub>2</sub>**

El analizador nos indicará si el exceso de aire con el que trabaja la caldera es el correcto ó no. El propósito de una combustión debe ser siempre alcanzar el máximo de CO<sub>2</sub> compatible con unos humos satisfactorios.

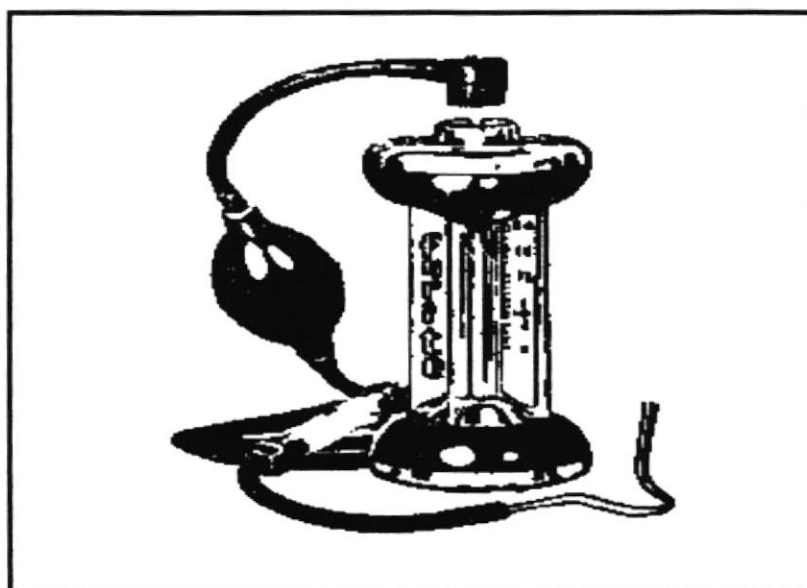
---

<sup>5</sup> Tiro: Diferencia de presión producida por el flujo de aire a través de una caldera, hogar y chimenea

Cuando la temperatura neta de los gases es menor de 200 °C, podemos tolerar un 8% de CO<sub>2</sub>; y cuando la temperatura neta de los gases está por encima de los 260 °C, debemos alcanzar al menos un 9% de CO<sub>2</sub>.

Un bajo porcentaje CO<sub>2</sub> señala que ciertas condiciones deben corregirse:

- a) Tiro excesivo
- b) Exceso de aire de la combustión
- c) Hogar incorrecto ó defectuoso
- d) Filtraciones de aire
- e) Mala pulverización del combustible
- f) Boquilla gastada, obstruída ó incorrecta
- g) Defectos en el ventilador y en los conductos de aire
- h) Mal funcionamiento del regulador de tiro
- i) Presión incorrecta de combustible



**FIGURA 8.2 ANALIZADOR DE CO<sub>2</sub> FYRITE**

Si hay mucha diferencia entre las lecturas, con las muestras tomadas en el conducto de humos y en el hogar, se puede interpretar como un indicador de filtraciones de aire y otras condiciones de combustión insatisfactoria.

### **Medidor de opacidad de humos**

Este medidor permite medir el contenido de humos en los gases de escape. Una combustión con muchos humos indica que no es eficiente.

Con la opacidad de los humos, la indicación de CO<sub>2</sub> y la temperatura de los gases podremos realizar los ajustes precisos del quemador. La escala de humos

Bacharach está numerada del 0; correspondiente al humo blanco; hasta el 9, correspondiente al humo más negro.

Para esta prueba hay que tomar en cuenta que no todas las calderas son iguales y varían en su construcción, el combustible utilizado, etc; por lo que la interpretación de los datos obtenidos debe ser revisada cuidadosamente.

No. Bacharach	Características de la combustión	
1	Excelente:	Hollín prácticamente nulo
2	Buena:	Hollín presente en valores muy reducidos, solo en ciertos tipos de calderas.
3	Mediana:	Cierta cantidad de hollín puede estar presente, sin embargo, no exigirá una limpieza de la instalación más de 1 vez por año.
4	Pobre:	El humo comienza a ser visible, algunas calderas sufren un rápido incremento de hollín ; otras solo moderadamente.
5	Muy pobre:	En todos los casos un incremento de hollín, exigiendo varias limpiezas al año.

**TABLA XIII OPACIDAD DE HUMOS**

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- 1) Para una fábrica de producción media (5 millones de bloques anuales), necesitaremos una caldera de 150 CC; trabajando a baja presión, 40 Psi (2,75 bar ó 2,8 Kg/cm<sup>2</sup>). Con una cantidad aproximada de 4000 unidades en el cuarto.
  
- 2) Para el proceso de curado hemos establecidos que necesitaremos 1 CC por cada 30 bloques de producción, en un tiempo determinado de una hora y media (1 1/2).
  
- 3) La velocidad a la que debe el bloque aumentar de temperatura en el cuarto debe ser cerca de 60 °F/h y la temperatura a la que debe llegar debe ser 185 °F (85 °C).
  
- 4) Las dimensiones de la tubería principal será de 4 pulgadas de diámetro y la de la boquilla de entrada al cuarto será de 2 pulgadas con una velocidad de 200 m/s del vapor a una presión no mayor a los 15 Psi para asegurar una temperatura uniforme con igual distribución en el cuarto.

- 5) Lo que se recupera de condensado es muy poco, ya que los cuartos no son herméticos; se utilizarán trampas de vapor tipo termodinámicas en la tubería principal.

Todas las pruebas están basadas en el bloque PL9 (liviano), ya que es el de mayor producción y demanda en el mercado, y porque su tiempo de fabricación es mayor con respecto a los demás tipos de bloques (pesado).

## **RECOMENDACIONES**

- 1) Revisar el aumento de temperatura en el cuarto, debe estar entre el 50 a 60 °F/h.

Revisar el punto de equilibrio, debe ser cercano a 185 °F.

Revisar el descenso de temperatura en el período de empapado, de 4 a 7 °F/h.

- 2) Colocar termómetros adecuados para verificar las temperaturas de curado.

3) Determinar problemas en el sistema de vapor (dimensión de tuberías, presión y velocidad) observando el producto:

- Bloque excesivamente mojado después del ciclo de curado
- Color de los bloques no uniforme
- Grietas en las superficies exteriores de los bloques

4) No es siempre necesario verificar repetidamente la temperatura de equilibrio en el cuarto de curado a menos que las condiciones físicas del mismo hayan sido modificadas (como grietas, paredes o muros rotos, etc) o los tipos de agregados utilizados en la elaboración del bloque hayan sido cambiados.

5) Efectuar pruebas de resistencia de los bloques del frente, centro y parte trasera del cuarto.

6) Si va a trabajar con presiones mas altas, se debe colocar válvulas reductoras de presión en la tubería principal.

# **ANEXOS**

## ANEXO A



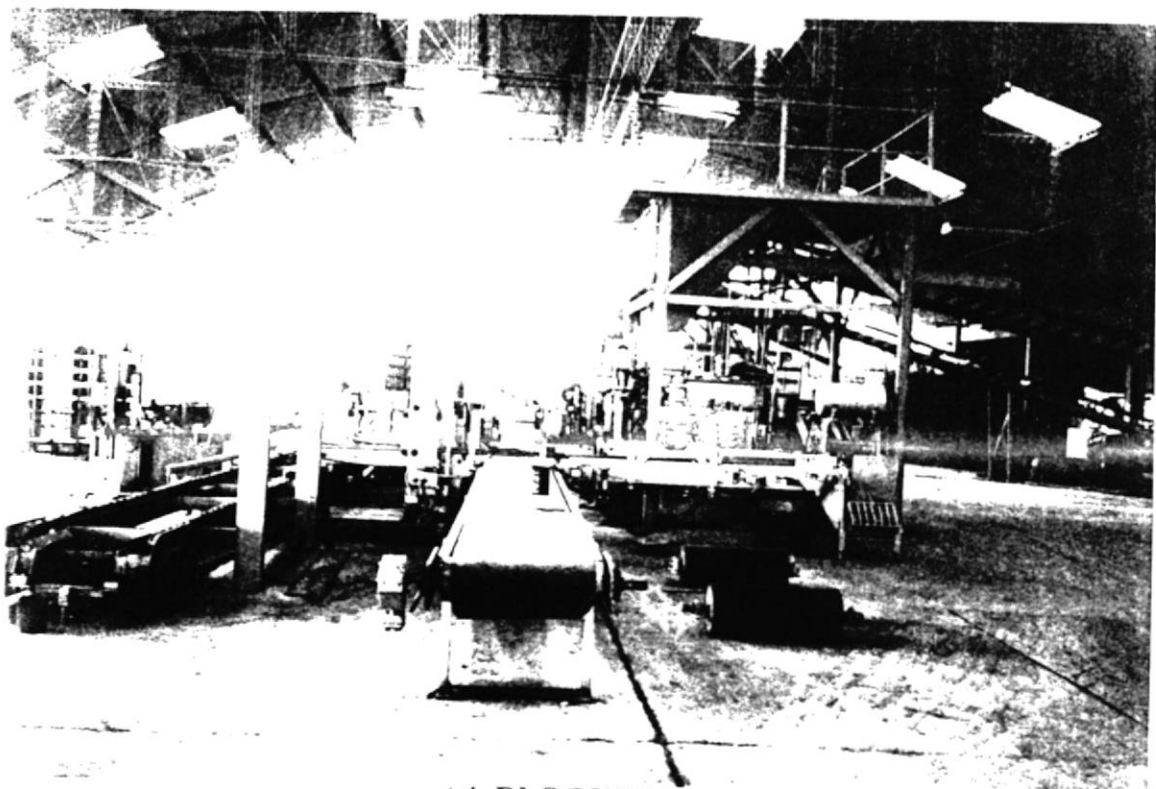
AL SISTEMA DE COMBUSTIBLE DIESEL



A2 RECIPIENTE DE AGUA EN EL CUARTO



A3 TOLVA VIAJERA



A4 BLOQUERA



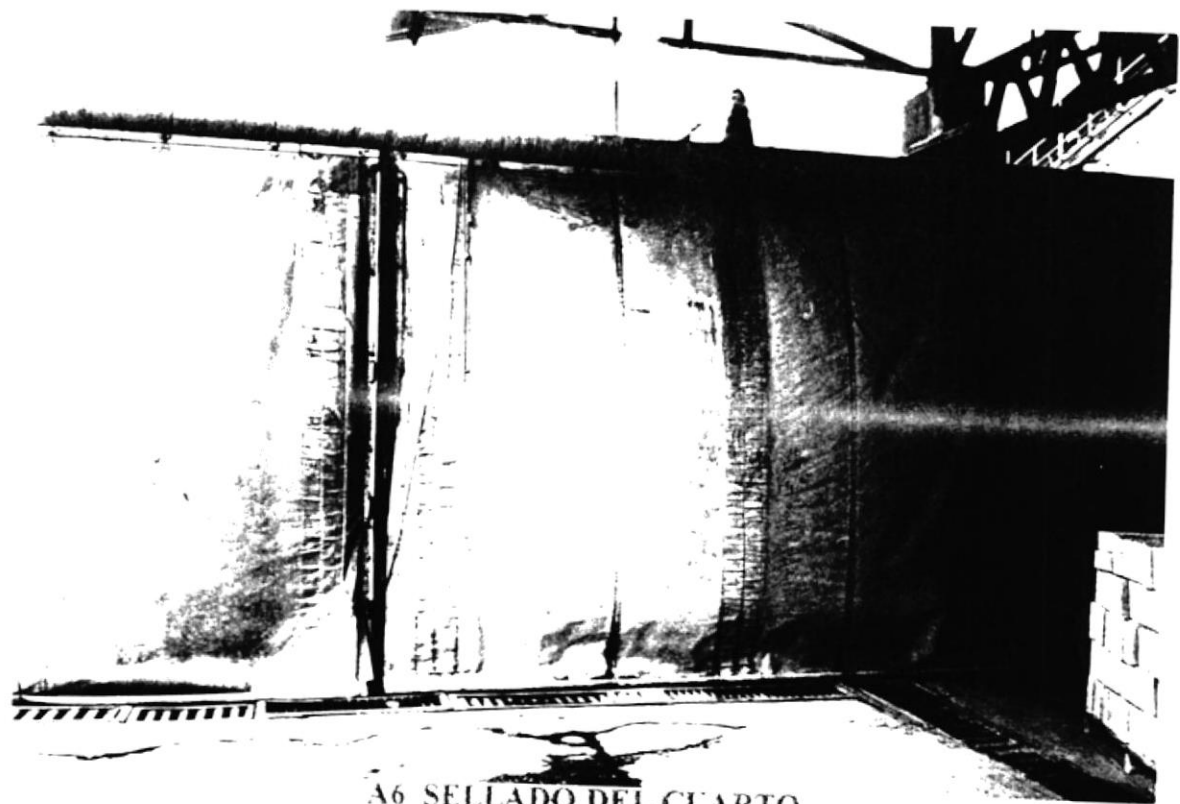
A5 TRANSPORTACION



A5 CUARTO LLENO



A6 CIERRE DEL CUARTO



A6 SELLADO DEL CUARTO



A7 RETIRO DE LOS BLOQUES

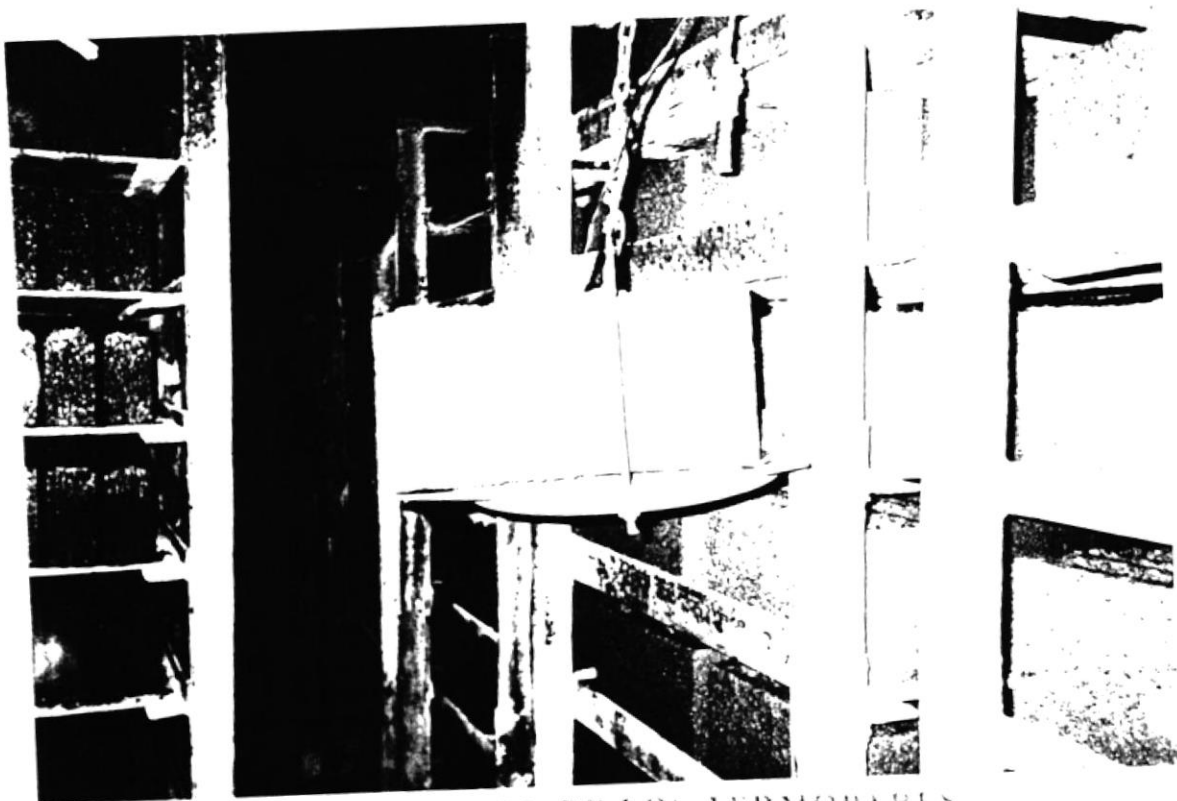
## ANEXO B



BI BALANZA EN EL TECHO DEL CUARTO



B2 SUSPENSION DE LOS BLOQUES



B3 COLOCACION DE LOS TERMOPARES

# **ANEXO C**

**FRICTION OF WATER IN PIPES**  
FLOW BROUGHT FROM ONE SIZE  
 FROM STANDARDS OF THE HYDRAULIC INSTITUTE

RATE OF FLOW IN GALLONS PER MINUTE	LOSS OF HEAD IN FEET DUE TO FRICTION PER 100 FEET OF PIPE													RATE OF FLOW IN GALLONS PER MINUTE	
	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	6"			
1	87.00	19.10	4.30	1.87	0.74										1
2		87.00	15.00	4.74	1.71	0.38									2
3			31.80	17.00	2.50	0.77									3
4			51.90	17.10	1.21	1.30	0.37								4
5			83.50	18.1	4.32	1.72	0.51	0.21							5
10				17.75	23.00	5.74	1.72	0.81	0.25						10
15					40.70	1.10	2.94	1.72	0.51	0.22					15
20					54.10	25.10	6.34	2.74	0.37	0.74					20
25					33.50	7.60	1.14	1.27	0.54	0.19					25
30					54.60	13.00	4.24	1.52	0.75	0.74					30
35						67.50	18.70	8.59	2.42	1.00	0.35				35
40						15.00	23.50	10.77	3.10	1.27	0.41				40
45						10.00	13.70	3.75	1.50	0.54					45
50						14.00	15.40	4.37	1.74	0.56	0.32				50
60						57.00	23.20	6.57	2.77	0.72	0.74				60
75							17.70	10.70	4.31	1.37	0.34				75
90							51.00	14.20	5.02	1.74	0.51	0.12			90
100							22.25	17.90	3.31	2.11	0.43	0.31			100
125							10.70	22.20	13.21	3.77	0.75	0.10			125
150								23.00	15.40	5.14	1.37	0.41			150
175								52.00	27.25	7.07	1.40	0.41			175
200								14.10	14.70	4.54	2.11	0.24			200
225								67.40	13.70	11.20	3.42	0.32			225
250								14.20	17.00	14.10	2.70	1.01			250
300									17.50	16.2	1.37	1.14			300
350									17.7	17.2	6.77	1.14			350
400										17.75	1.37	1.14			400
450										17.25	1.37	1.14			450
500										17.2	1.37	1.14			500
550										17.2	1.37	1.14			550
600										17.25	1.37	1.14			600
650										17.25	1.37	1.14			650
700										17.25	1.37	1.14			700
750										17.25	1.37	1.14			750
800										17.25	1.37	1.14			800
900										17.25	1.37	1.14			900
1000										17.25	1.37	1.14			1000
1200										17.25	1.37	1.14			1200
1500										17.25	1.37	1.14			1500

RATE OF FLOW IN GALLONS PER MINUTE	LOSS OF HEAD IN FEET DUE TO FRICTION PER 100 FEET OF PIPE												
	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"	6"	
100	17.25	1.37	1.14										
200	17.25	1.37	1.14										
300	17.25	1.37	1.14										
400	17.25	1.37	1.14										
500	17.25	1.37	1.14										
600	17.25	1.37	1.14										
700	17.25	1.37	1.14										
800	17.25	1.37	1.14										
900	17.25	1.37	1.14										
1000	17.25	1.37	1.14										
1200	17.25	1.37	1.14										
1500	17.25	1.37	1.14										

THIS PERFORMANCE TEST SERIES IS THE PROPERTY OF THE HYDRAULIC INSTITUTE. IT IS LOANED TO YOU BY THE HYDRAULIC INSTITUTE. IT IS NOT TO BE REPRODUCED OR TRANSMITTED IN ANY FORM OR BY ANY MEANS, ELECTRONIC OR MECHANICAL, INCLUDING PHOTOCOPYING, RECORDING, OR BY ANY INFORMATION STORAGE AND RETRIEVAL SYSTEM.

TABLE I  
EQUIVALENT LENGTH OF NEW, STRAIGHT PIPE FOR VALVES AND FITTINGS  
FOR TURBULENT FLOW ONLY

FITTINGS			PIPE SIZE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
			1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	24	30	36	42	48	60	72	84	96	108	120	144	168	192	216	240	288	336	384	432	480	576	672	768	864	960	1080	1200	1440	1680	1920	2160	2400	2880	3360	3840	4320	4800	5760	6720	7680	8640	9600	10800	12000	14400	16800	19200	21600	24000	28800	33600	38400	43200	48000	57600	67200	76800	86400	96000	108000	120000	144000	168000	192000	216000	240000	288000	336000	384000	432000	480000	576000	672000	768000	864000	960000	1080000	1200000	1440000	1680000	1920000	2160000	2400000	2880000	3360000	3840000	4320000	4800000	5760000	6720000	7680000	8640000	9600000	10800000	12000000	14400000	16800000	19200000	21600000	24000000	28800000	33600000	38400000	43200000	48000000	57600000	67200000	76800000	86400000	96000000	108000000	120000000	144000000	168000000	192000000	216000000	240000000	288000000	336000000	384000000	432000000	480000000	576000000	672000000	768000000	864000000	960000000	1080000000	1200000000	1440000000	1680000000	1920000000	2160000000	2400000000	2880000000	3360000000	3840000000	4320000000	4800000000	5760000000	6720000000	7680000000	8640000000	9600000000	10800000000	12000000000	14400000000	16800000000	19200000000	21600000000	24000000000	28800000000	33600000000	38400000000	43200000000	48000000000	57600000000	67200000000	76800000000	86400000000	96000000000	108000000000	120000000000	144000000000	168000000000	192000000000	216000000000	240000000000	288000000000	336000000000	384000000000	432000000000	480000000000	576000000000	672000000000	768000000000	864000000000	960000000000	1080000000000	1200000000000	1440000000000	1680000000000	1920000000000	2160000000000	2400000000000	2880000000000	3360000000000	3840000000000	4320000000000	4800000000000	5760000000000	6720000000000	7680000000000	8640000000000	9600000000000	10800000000000	12000000000000	14400000000000	16800000000000	19200000000000	21600000000000	24000000000000	28800000000000	33600000000000	38400000000000	43200000000000	48000000000000	57600000000000	67200000000000	76800000000000	86400000000000	96000000000000	108000000000000	120000000000000	144000000000000	168000000000000	192000000000000	216000000000000	240000000000000	288000000000000	336000000000000	384000000000000	432000000000000	480000000000000	576000000000000	672000000000000	768000000000000	864000000000000	960000000000000	1080000000000000	1200000000000000	1440000000000000	1680000000000000	1920000000000000	2160000000000000	2400000000000000	2880000000000000	3360000000000000	3840000000000000	4320000000000000	4800000000000000	5760000000000000	6720000000000000	7680000000000000	8640000000000000	9600000000000000	10800000000000000	12000000000000000	14400000000000000	16800000000000000	19200000000000000	21600000000000000	24000000000000000	28800000000000000	33600000000000000	38400000000000000	43200000000000000	48000000000000000	57600000000000000	67200000000000000	76800000000000000	86400000000000000	96000000000000000	108000000000000000	120000000000000000	144000000000000000	168000000000000000	192000000000000000	216000000000000000	240000000000000000	288000000000000000	336000000000000000	384000000000000000	432000000000000000	480000000000000000	576000000000000000	672000000000000000	768000000000000000	864000000000000000	960000000000000000	1080000000000000000	1200000000000000000	1440000000000000000	1680000000000000000	1920000000000000000	2160000000000000000	2400000000000000000	2880000000000000000	3360000000000000000	3840000000000000000	4320000000000000000	4800000000000000000	5760000000000000000	6720000000000000000	7680000000000000000	8640000000000000000	9600000000000000000	10800000000000000000	12000000000000000000	14400000000000000000	16800000000000000000	19200000000000000000	21600000000000000000	24000000000000000000	28800000000000000000	33600000000000000000	38400000000000000000	43200000000000000000	48000000000000000000	57600000000000000000	67200000000000000000	76800000000000000000	86400000000000000000	96000000000000000000	108000000000000000000	120000000000000000000	144000000000000000000	168000000000000000000	192000000000000000000	216000000000000000000	240000000000000000000	288000000000000000000	336000000000000000000	384000000000000000000	432000000000000000000	480000000000000000000	576000000000000000000	672000000000000000000	768000000000000000000	864000000000000000000	960000000000000000000	1080000000000000000000	1200000000000000000000	1440000000000000000000	1680000000000000000000	1920000000000000000000	2160000000000000000000	2400000000000000000000	2880000000000000000000	3360000000000000000000	3840000000000000000000	4320000000000000000000	4800000000000000000000	5760000000000000000000	6720000000000000000000	7680000000000000000000	8640000000000000000000	9600000000000000000000	10800000000000000000000	12000000000000000000000	14400000000000000000000	16800000000000000000000	19200000000000000000000	21600000000000000000000	24000000000000000000000	28800000000000000000000	33600000000000000000000	38400000000000000000000	43200000000000000000000	48000000000000000000000	57600000000000000000000	67200000000000000000000	76800000000000000000000	86400000000000000000000	96000000000000000000000	108000000000000000000000	120000000000000000000000	144000000000000000000000	168000000000000000000000	192000000000000000000000	216000000000000000000000	240000000000000000000000	288000000000000000000000	336000000000000000000000	384000000000000000000000	432000000000000000000000	480000000000000000000000	576000000000000000000000	672000000000000000000000	768000000000000000000000	864000000000000000000000	960000000000000000000000	1080000000000000000000000	1200000000000000000000000	1440000000000000000000000	1680000000000000000000000	1920000000000000000000000	2160000000000000000000000	2400000000000000000000000	2880000000000000000000000	3360000000000000000000000	3840000000000000000000000	4320000000000000000000000	4800000000000000000000000	5760000000000000000000000	6720000000000000000000000	7680000000000000000000000	8640000000000000000000000	9600000000000000000000000	10800000000000000000000000	12000000000000000000000000	14400000000000000000000000	16800000000000000000000000	19200000000000000000000000	21600000000000000000000000	24000000000000000000000000	28800000000000000000000000	33600000000000000000000000	38400000000000000000000000	43200000000000000000000000	48000000000000000000000000	57600000000000000000000000	67200000000000000000000000	76800000000000000000000000	86400000000000000000000000	96000000000000000000000000	108000000000000000000000000	120000000000000000000000000	144000000000000000000000000	168000000000000000000000000	192000000000000000000000000	216000000000000000000000000	240000000000000000000000000	288000000000000000000000000	336000000000000000000000000	384000000000000000000000000	432000000000000000000000000	480000000000000000000000000	576000000000000000000000000	672000000000000000000000000	768000000000000000000000000	864000000000000000000000000	960000000000000000000000000	1080000000000000000000000000	1200000000000000000000000000	1440000000000000000000000000	1680000000000000000000000000	1920000000000000000000000000	2160000000000000000000000000	2400000000000000000000000000	2880000000000000000000000000	3360000000000000000000000000	3840000000000000000000000000	4320000000000000000000000000	4800000000000000000000000000	5760000000000000000000000000	6720000000000000000000000000	7680000000000000000000000000	8640000000000000000000000000	9600000000000000000000000000	10800000000000000000000000000	12000000000000000000000000000	14400000000000000000000000000	16800000000000000000000000000	19200000000000000000000000000	21600000000000000000000000000	24000000000000000000000000000	28800000000000000000000000000	33600000000000000000000000000	38400000000000000000000000000	43200000000000000000000000000	48000000000000000000000000000	57600000000000000000000000000	67200000000000000000000000000	76800000000000000000000000000	86400000000000000000000000000	96000000000000000000000000000	108000000000000000000000000000	120000000000000000000000000000	144000000000000000000000000000	168000000000000000000000000000	192000000000000000000000000000	216000000000000000000000000000	240000000000000000000000000000	288000000000000000000000000000	336000000000000000000000000000	384000000000000000000000000000	432000000000000000000000000000	480000000000000000000000000000	576000000000000000000000000000	672000000000000000000000000000	768000000000000000000000000000	864000000000000000000000000000	960000000000000000000000000000	1080000000000000000000000000000	1200000000000000000000000000000	1440000000000000000000000000000	1680000000000000000000000000000	1920000000000000000000000000000	2160000000000000000000000000000	2400000000000000000000000000000	2880000000000000000000000000000	3360000000000000000000000000000	3840000000000000000000000000000	4320000000000000000000000000000	4800000000000000000000000000000	5760000000000000000000000000000	6720000000000000000000000000000	7680000000000000000000000000000	8640000000000000000000000000000	9600000000000000000000000000000	10800000000000000000000000000000	12000000000000000000000000000000	14400000000000000000000000000000	16800000000000000000000000000000	19200000000000000000000000000000	21600000000000000000000000000000	24000000000000000000000000000000	28800000000000000000000000000000	33600000000000000000000000000000	38400000000000000000000000000000	43200000000000000000000000000000	48000000000000000000000000000000	57600000000000000000000000000000	67200000000000000000000000000000	76800000000000000000000000000000	86400000000000000000000000000000	96000000000000000000000000000000	108000000000000000000000000000000	120000000000000000000000000000000	144000000000000000000000000000000	168000000000000000000000000000000	192000000000000000000000000000000	216000000000000000000000000000000	240000000000000000000000000000000	288000000000000000000000000000000	336000000000000000000000000000000	384000000000000000000000000000000	432000000000000000000000000000000	480000000000000000000000000000000	576000000000000000000000000000000	6720000000000000000

## Control Chamber Variations

Armstrong Series CD-40 and CD-50 controlled disc traps both contain a replaceable capsule, making it possible to renew a worn trap by simply replacing the capsule. A heating chamber in the shell assures consistent operation. This steam jacket provides

a relatively constant temperature in the control chamber regardless of ambient conditions. Cycling rate is controlled and does not increase when the trap is exposed to cold winds, rain or snow.

Series CD-60 traps contain integral strainers with ratios of open area to inside area of pipe that equal or exceed those of most separate "Y" type strainers.

### List of Materials

Table 34-1. Series CD Traps

Name of Part	CD-40 Series	CD-60 Series
Body	Carbon Steel	Carbon Steel ASTM A 216 Grade WCB
Cap	Carbon Steel	Carbon Steel Forging, ASTM A 105
Strainer Screen	045" Perforated Stainless Steel	20 x 20 Mesh Stainless Steel
Gasket	—	Compressed Non asbestos
Bolting	—	Chrome Moly, ASTM A 193 Grade B7
<b>Capsule:</b>		
Controlled Chamber	Hardened Stainless Steel	Hardened Stainless Steel
Controlled Disc	Hardened Stainless Steel	Hardened Stainless Steel
Capsule Body	Hardened Stainless Steel	Hardened Stainless Steel

Table 34-2. Series CD Traps

Differential Pressure, psi	Model No.		
	CD-41 CD-61	CD-42 CD-62	CD-43 CD-63
10	250	370	500
25	310	450	610
50	390	570	760
75	450	600	810
100	500	700	1,050
150	600	940	1,200
200	600	1,000	1,500
300	850	1,200	1,800
400	940	1,500	2,150
600	1,105	1,925	2,850

Capacities given are continuous discharge capacities in pounds of hot condensate per hour at pressure differential indicated with condensate temperatures approximately 25 F below steam temperatures.  
NOTE: CD traps can operate with a minimum of 2 psi inlet pressure and a maximum of 80% back pressure. However, for best results, inlet pressure should not drop below 10 psi and back pressure should not exceed 50% of inlet pressure.

### Physical Data

Table 34-3. Series CD Traps

Model No.	CD-41*		CD-42*	CD-43*	CD-61		CD-62	CD-63
	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"
Pipe Connections	3/4"	1"	1 1/2"	2"	3/4"	1"	1 1/2"	2"
"A" (Diameter) (in)	1 1/4	1 3/4	2 1/4	3 1/4	2 1/4	2 3/4	3 3/4	4 1/4
"B" (Height) (in)	—	—	—	—	2 1/4	2 3/4	3 3/4	4 1/4
"C" (Length) (in)	3	3 9/16	3 9/16	4 1/4	3 1/2	3 3/4	4 1/4	4 1/4
"D" (to Top of Cap) (in)	—	—	—	—	2	2	2 1/4	3 1/4
Weight (lbs)	3 1/2	3 1/2	1 1/2	4 1/4	2 1/4	2 1/4	4 1/4	5 1/4
Max. Allowable Pressure (Vessel Design)	600 psig @ 500° F	600 psig @ 500° F	600 psig @ 500° F	600 psig @ 500° F	600 psig @ 750° F	600 psig @ 750° F	600 psig @ 750° F	600 psig @ 750° F
Minimum Operating Pressure (psi)	10	10	10	10	10	10	10	10
Maximum Operating Pressure (psi)	600	600	600	600	600	600	600	600

\*Optional integral strainer available.



Figure 34-1.  
Series CD-40 Traps

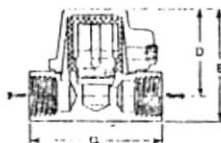


Figure 34-2.  
Series CD-60 Traps



**SODIUM CYCLE OPERATION:**

Regenerant Level .....	Dependent on leakage and capacity desired (see Figs. 2 and 3)
Regenerant Concentration .....	10-25% NaCl
Regenerant Transfer Time .....	2 min./lb. NaCl/cu. ft.
Rinse Water Requirement .....	20-40 gal./cu. ft.
Displacement Rinse Rate .....	Adjusted to insure 30 minute contact with NaCl
Final Rinse Rate .....	Equal to service rate

**HYDROGEN CYCLE OPERATION:**

Regenerant Level .....	Dependent on leakage and capacity desired (see Figs. 4 and 5)
Regenerant Concentration .....	4-10% HCl 2-6% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Regenerant Flow Rate .....	0.5-2.0 gpm/cu. ft.
Rinse Water Requirement .....	40-100 gal./cu. ft.
Displacement Rinse Rate .....	Equal to regenerant rate
Final Rinse Rate .....	Equal to service rate

Test Conditions  
 Ca Mq Ratio - 1:1  
 Flow - 5.6 gpm/sq ft  
 Regenerant - 10% NaCl  
 Endpoint - 17 ppm  
 Bed Depth - 30 in.

Capacity, kgr/cu ft as CaCO<sub>3</sub>  
 (kgr/cu ft x 0.4536 = meq/ml)

FIGURE 2 - Softening Capacity of DOWEX HCR-S Resin

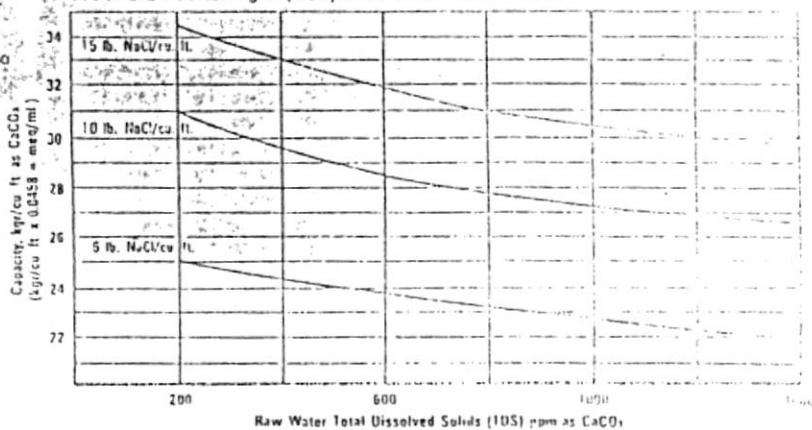
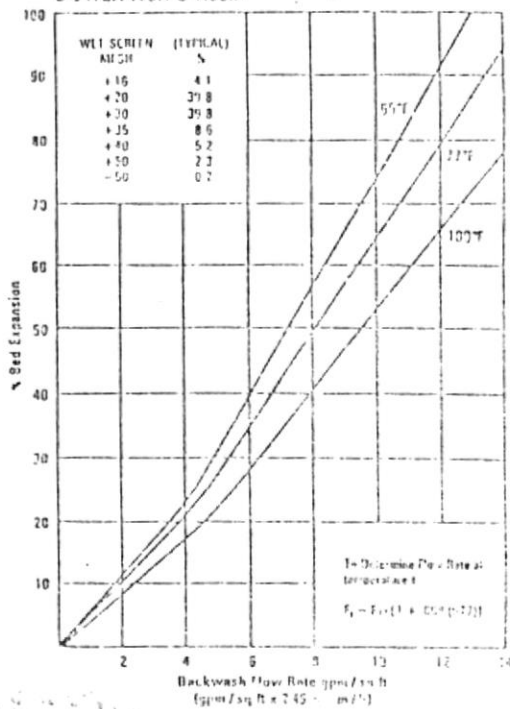


FIGURE 1 - Expansion Characteristics of DOWEX HCR-S Resin



### ANEXO D

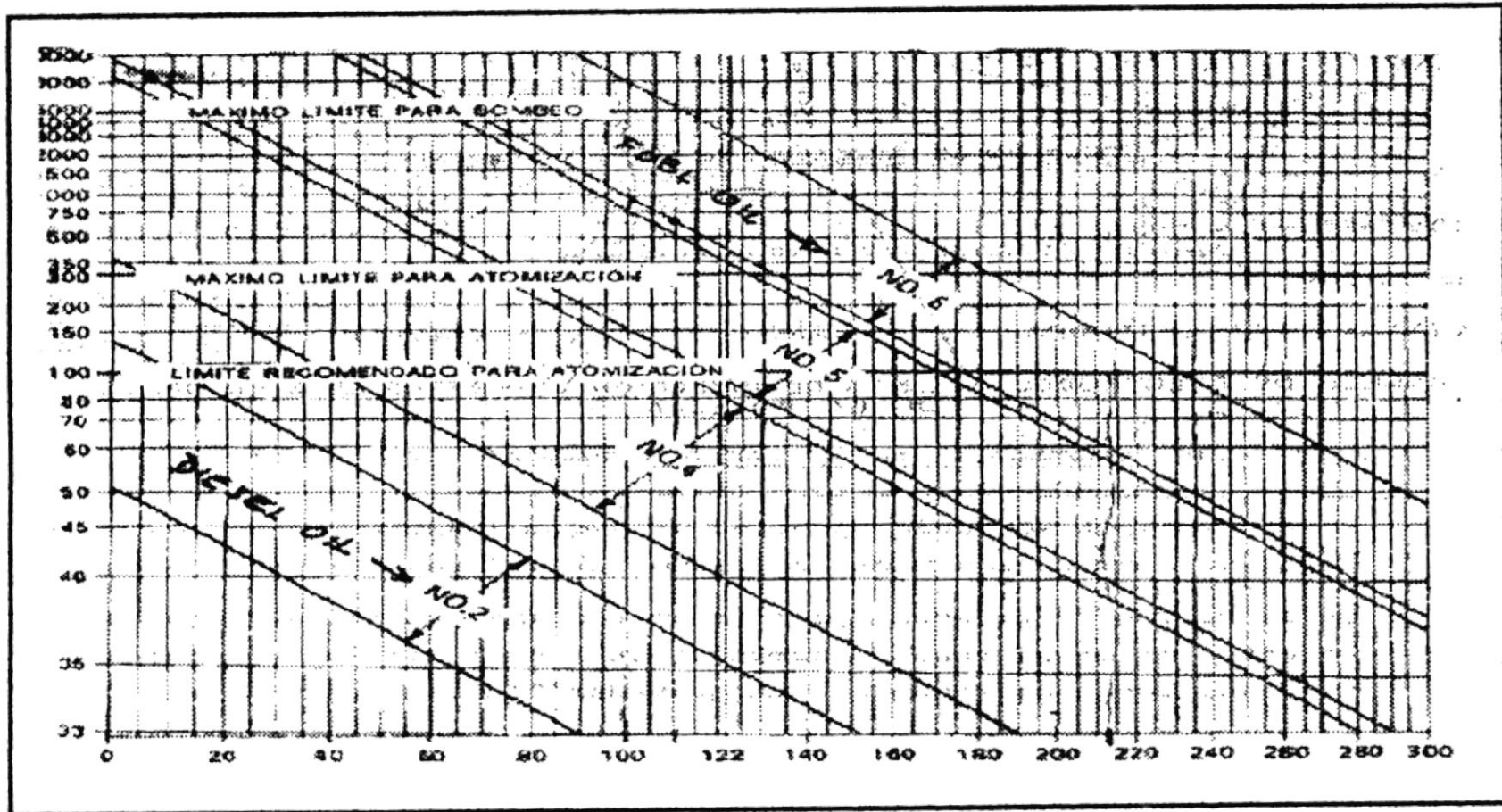


DIAGRAMA VISCOSIDAD - TEMPERATURA DEL COMBUSTIBLE

# **ANEXO E**

## Bombas HC

Las Bombas HC de construcción rígida con dos balineras prelubricadas y un diseño hidráulico de alta eficiencia son diseñadas especialmente para trabajo continuo y pesado con acoplamiento directo o por medio de poleas. Las Bombas HC tienen una amplia gama de aplicaciones en la agricultura y la industria donde es esencial el máximo estándar de calidad y un funcionamiento ruidoso y eficaz con un mínimo de mantenimiento.

**APLICACIONES:** Riego por aspersión - Riego por inundación, bombeo a grandes alturas y distancias a través de conductos cerrados - Bombeo de combustibles y lubricantes ligeros - Servicio contra incendios - Suministro a tanques elevados - Entornos hidroneumáticos - Lavado a presión - Torres de enfriamiento - Aire acondicionado.

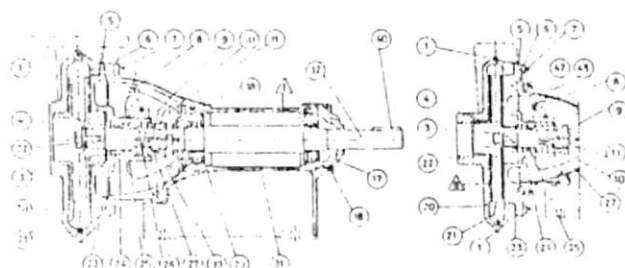
ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN			
PARTES DE LA BOMBA	STANDARD	TOCO BRONCE	CORR SELLO MECANICO
Cara-cil	Hierro gris	Bronce	Hierro gris o bronce
Tapa	Hierro gris	Bronce	Especial en Hierro gris o bronce
Impelente (Nota 1)	Hierro gris	Bronce	Hierro gris o bronce
Eje	Acero Carbon	Acero Inoxidable	Acero carbon o acero inoxidable
Bastidor	Hierro gris	Hierro gris	Hierro gris
Anillo	Hierro gris	Bronce	Hierro gris
Prenta Empaque	Hierro gris	Bronce	Hierro gris

1. El Impelente standard es cerrado - Semi abierto disponible bajo pedido especial

BOMBA TIPO	Máxima Presión de Descarga PSI (Nota 2)	Máxima Presión de Succión PSI	Máxima Presión Hidrostática PSI	Máxima Temperatura °C. (Nota 3)	
				Sello mecánico en seco	Prenta empaque en seco
SERIE "A"	160	75	240	210°F	220°F
SERIE "B" = 1 1/2B					
SERIE "B" = 2B - 5D	140	75	210	210°F	220°F
SERIE "C" = 1 1/4C - 2 1/2C					
SERIE "C" = 3C - 6LC	100	75	150	210°F	220°F

2. La máxima presión de descarga debe ser determinada sumando la presión de succión a la cabeza desarrollada por la bomba.

3. Todas las temperaturas dadas son para agua.



BOMBAS TIPO: 1A, 1 1/4A, 2A, 1A, 2B, 3B, 3B, 3C, 4C, 6C, 6LC  
 NOTA: 1A y 1 1/4A tienen conexión de rosca  
 BOMBAS TIPO: 1 1/2B, 1 1/4C, 2C, 2 1/2C  
 NOTA: 2C y 2 1/2C tienen conexión de flanchas

No.	PARTI	No.	PARTI
1	Fanón	29	Balnera
2	Arandela impelente	30	Bastidor
3	Cuña impelente	31	Eje
4	Tapa	32	Protector plástico
5	Tuerca	33	Tapa balnera interior
6	Empaques	40	Cuña acople
7	Tornillo	41	Tuerca
8	Tornillo eje	42	Empaques
9	Herrillo empaques	43	Tornillo
10	Empaques	44	Cuña
11	Empaques	45	Cuña
12	Empaques	46	Cuña
13	Empaques	47	Cuña
14	Empaques	48	Cuña
15	Empaques	49	Cuña
16	Empaques	50	Cuña
17	Empaques	51	Cuña
18	Empaques	52	Cuña
19	Empaques	53	Cuña
20	Empaques	54	Cuña
21	Empaques	55	Cuña
22	Empaques	56	Cuña
23	Empaques	57	Cuña
24	Empaques	58	Cuña
25	Empaques	59	Cuña
26	Empaques	60	Cuña
27	Empaques	61	Cuña
28	Empaques	62	Cuña

RECOMENDACIONES BOMBAS HC											
TIPO	PSI	PSI	PSI	PSI	PSI	PSI	PSI	PSI	PSI	PSI	PSI
1A	1 1/4A	2A	1A	2B	3B	3B	3C	4C	6C	6LC	1 1/2B
1 1/2B	1 1/4C	2C	2 1/2C	3C	6LC	1 1/2B	1 1/4C	2C	2 1/2C	3C	6LC
1A	1 1/4A	2A	1A	2B	3B	3B	3C	4C	6C	6LC	1 1/2B
1 1/2B	1 1/4C	2C	2 1/2C	3C	6LC	1 1/2B	1 1/4C	2C	2 1/2C	3C	6LC
1A	1 1/4A	2A	1A	2B	3B	3B	3C	4C	6C	6LC	1 1/2B
1 1/2B	1 1/4C	2C	2 1/2C	3C	6LC	1 1/2B	1 1/4C	2C	2 1/2C	3C	6LC
1A	1 1/4A	2A	1A	2B	3B	3B	3C	4C	6C	6LC	1 1/2B
1 1/2B	1 1/4C	2C	2 1/2C	3C	6LC	1 1/2B	1 1/4C	2C	2 1/2C	3C	6LC

Bombas  
Válvulas

HIDROMAC

FABRICA  
Calle 79 Nº 73-526  
Teléfonos 356100, 01702,  
501897, 501709, 452949

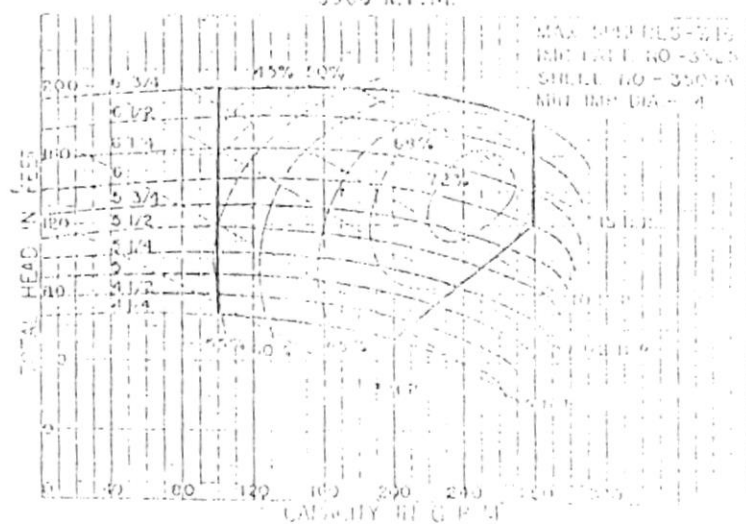
Fax (57 50) 458113  
Telex Nº 31195 HIDROM CO.  
Apartado Aéreo 100-1  
Barranquilla, Colombia

No. 17

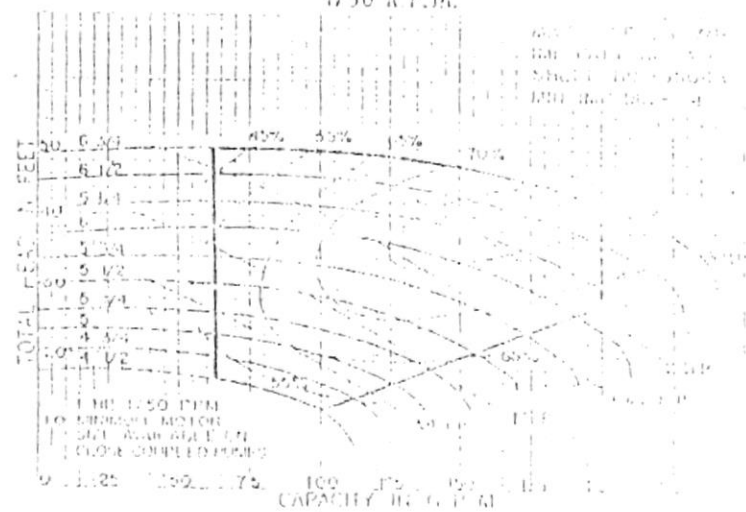
## 2 X 2 1/4 TYPE HC

FULL LOAD CAPACITY

3500 R.P.M.



1750 R.P.M.



FABRICADO POR  
**MIDPROTEC**  
 BARRANQUILLA - COLOMBIA

## Turbi

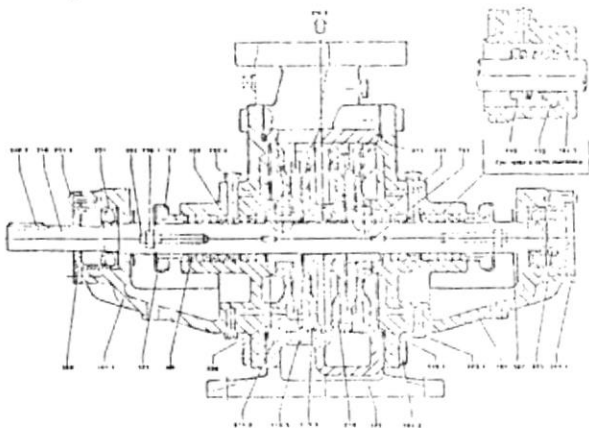
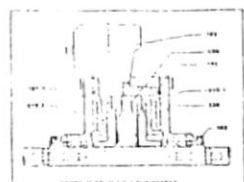
Las bombas regenerativas de turbina ofrecen muchas ventajas que rangen en otra familia de bombas. Con rotación constante, a altas y bajas caudales, son eficientes a bajas caudales y altas presiones. Bombean un flujo constante de líquido libre de pulsaciones en presión. Las curvas de rendimiento son muy anchas permitiendo un elevado grado de flexibilidad en la ingeniería de aplicación. Las bombas de turbina son ideales para manejar vapores y aire sin causar vacíos en el bombeo, esta característica permite el manejo de líquidos volátiles y gases licuados a cualquier presión y a un precio más reducido que la presión de vaporización.

Las bombas de turbina se fabrican con tolerancias muy estrechas, sin permitir el contacto de metal a metal en los puntos de fricción dentro del canal, por lo tanto son utilizadas normalmente con líquidos libres de sólidos o abrasivos. Pueden bombearse sustancias viscosas hasta de 500 cSt.

El soporte de la bomba y todo y todo permite la alineación mínima del eje y evita las cargas de sobrecarga en los rodamientos. Las aplicaciones para autoclave frontal y en combinación con la doble succión de éstos, la carga axial se reduce al mínimo. Los anillos e impulsores son fáciles de cambiar, reduciendo así el costo de mantenimiento.

**APLICACIONES.** La Bomba Turbi tiene su principal aplicación en la alimentación de CALDERAS, también se utiliza en equipos de lavado de alta presión y alta temperatura. En general la Bomba se puede aplicar para rebozear altas y bajas en áreas montañosas y grandes depósitos. La Bomba también es muy útilmente para el trabajo.

**MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.** El cuerpo está fabricado en hierro fundido de gran flujo CC 25, ASTM 10 CL 35, inoxidable 316, Inconel 625 y acero inoxidable AISI 436.



DATOS OPERACIONALES

SERIE	RENDIMIENTO A 1750 RPM				PULSACIONES		EMPAQUE	
	Flow	QW (%)	QV (%)	QV (%)	CMV	CMV	CMV	CMV
Serie 4 1 etapa	10	100	100	100	10	10	10	10
	20	100	100	100	10	10	10	10
Serie 4 2 etapas	10	100	100	100	10	10	10	10
	20	100	100	100	10	10	10	10
Serie 5 2 etapas	10	100	100	100	10	10	10	10
	20	100	100	100	10	10	10	10
Serie 6 2 etapas	10	100	100	100	10	10	10	10
	20	100	100	100	10	10	10	10

Altura Vertical: 1750 RPM. Máxima Temperatura del Líquido a 100°C. Máxima Presión recomendada en trabajo continuo: 700 PSI. Máxima Temperatura de operación de partes móviles: 200°C.

Las bombas en su serie para aplicaciones especiales.

NOTA: Las bombas de las Series 4, 5 y 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100.

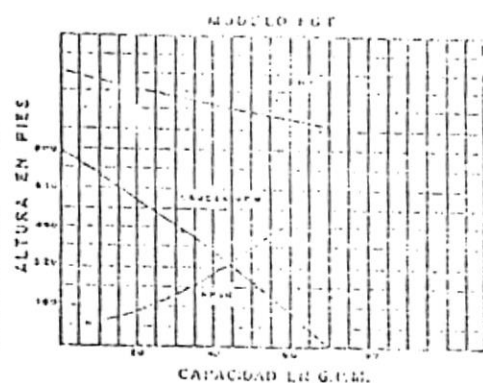
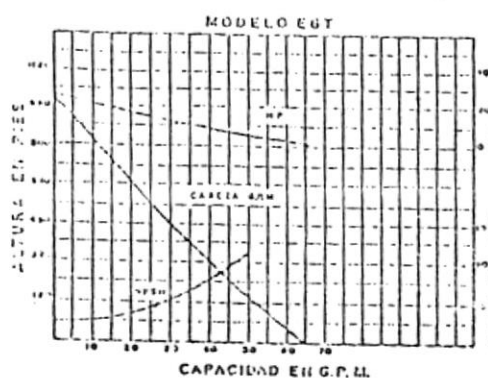
Bombas  
Válvulas  
HIDROMAC

FABRICA  
Calle 73 TP 73-026  
Teléfono 359100-01002  
561007, 561119, 452040

TELÉFONO 359100-01002  
Telax TP 01105 HIRANO CO.  
Apartado Aéreo 1001  
Guatemala, Guatemala

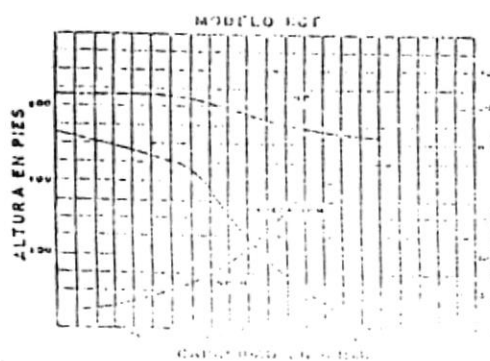
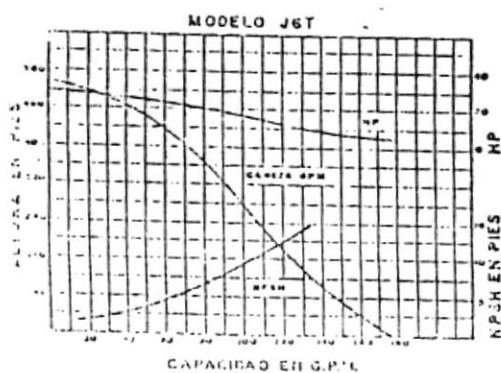
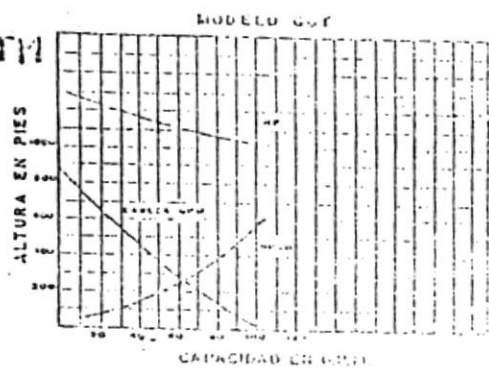
## BOMBA TURBIN SERIE 6T

2" x 2 1/2" - 1750 RPM.



## BOMBA TURBIN SERIE 6TH

2 1/2" x 3" - 1750



## **BIBLIOGRAFIA**

- 1) Cleaver Brooks "Manual de Operación y Mantenimiento de 125 a 350 CC", Número de catálogo 750; Milwaukee, Wisconsin, 1985; # 53201.
- 2) Escuela Besser "Proceso de Curado de los Bloques de Concreto" Folleto teórico - práctico; Detroit, Michigan; 1995.
- 3) ESPOL, Centro de Educación Continua "Operación y Mantenimiento de Calderas Industriales" Seminario; Guayaquil-Ecuador; 1995.
- 4) ESPOL, Centro de Educación Continua "Operación y Mantenimiento de Bombas Industriales" Seminario; Guayaquil-Ecuador; 1994.
- 5) Hydraulic Institute "Hook-up designs for Steam and Fluid Systems" edition 19; 122 East 42ing street, New york; 1980.
- 6) Kenneth McNaughton "Bombas: Selección, Uso y Mantenimiento" Editorial McGraw-Hill;Quinta Edición; México, DF; 1993.

- 7) Marks "Manual del Ingeniero Mecánico" Gráficas Monte Albán, Octava Edición; México, DF; 1993.
- 8) Vargas Zuñiga A. "Calderas Industriales y Marinas" Editorial VZ; Guayaquil-Ecuador; 1984; PP 40-214.
- 9) Vargas Zuñiga A. "Mantenimiento de Calderas Industriales y Marinas" Editorial Series VZ; Guayaquil-Ecuador; 1982; PP 98-108