

021.4
JIMC
C.2



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica

**“CALCULOS DE PROCESOS DE VAPOR EN UNA
INDUSTRIA TEXTIL”**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del título de:

INGENIERO MECANICO

Presentado por:

CARLOS OLMEDO [JIMENEZ CHILAN

Guayaquil

Ecuador

1997

AGRADECIMIENTO

Miembros Central

Al Ing. Angel Vargas
Zuníga, al Ing. Gilberto
Pisco y al Sr. Marcos Rojano
por la ayuda brindada en la
elaboración de la presente
tesis.

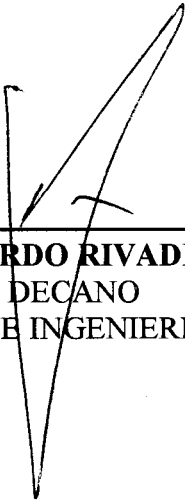
DEDICATORIA

2011

A mis padres,
hermanos, esposa e
hijas.

Universidad Central

TRIBUNAL DE GRADUACION




ING. EDUARDO RIVADENEIRA
DECANO
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



ING. ANGEL VARGAS
DIRECTOR DE TESIS

ING. MARIO PATIÑO
VOCAL



ING. FRANCISCO ANDRADE
VOCAL

DECLARACION EXPRESA

“ La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de graduación de la espol)



BIBLIOTECA Central

C A R L - N E Z C H .

Bibliografía Consultada

Resumen

La presente tesis tiene por objetivo calcular, conocer y diseñar los diversos parámetros que se necesitan en la instalación de una planta de vapor (calderas y sus accesorios), para una industria textil. Su contenido se basa en lo siguiente:

- Primero hacemos un estudio de la cantidad de vapor que van a necesitar las máquinas utilizadas dentro del proceso, y valiéndonos de los cálculos necesarios determinamos los caballos caldera requeridos.
- En el capítulo III se da una descripción del funcionamiento de los diversos tipos de controles que utilizan las calderas para su normal operación.
- En el capítulo IV hacemos un estudio de los diversos tipos de combustibles que se pueden emplear. Se justifica el por qué del combustible a utilizar, se selecciona la bomba, se calcula y diseña los tanques de combustible.
- Dentro de este trabajo se hará un estudio sobre el agua de alimentación, determinando primero la cantidad de agua que necesita la caldera, y luego el tratamiento de esta, (para evitar posibles incrustaciones y corrosión dentro de los tubos de la caldera) por medio de ablandadores.

-En los capítulos VI y VII se realizará un estudio completo (dimensionamiento de tuberías y selección de accesorios) de las líneas de vapor y de retorno de condensado.

-En el capítulo IX hablaremos de lo que es un desaireador, sus aplicaciones el principio de operación y cómo seleccionar el modelo a utilizar.

Biblioteca Central

Índice Central

INDICE GENERAL

	Pág.
Resumen	VI
Índice general	VIII
Abreviaturas	XII
Simbología	XIII
Índice de figuras	XIV
Índice de tablas	XVII
Introducción	XIX

Capítulo 1

La industria textil

1.1	Introducción	1
1.2	Generalidades sobre la industria textil	1
1.3	Materia prima a utilizarse en el proceso	4
1.4	Proceso de producción de telas	4

Capítulo II

Cálculo y determinación de requerimientos vapor

2.1	Aplicación del vapor en una industria textil	15
2.2	Cálculo del consumo de vapor de los equipos	15
2.3	Factores que intervienen en la selección de generadores de vapor	21
2.4	Selección de la caldera	24

Capítulo III

Controles de la caldera

3.1	Función de los controles y componentes	28
3.2	Controles comunes a todas las calderas	29
3.3	Controles de nivel	34
3.4	Controles de vapor	37
3.5	Controles de la combustión	38

Capítulo IV

Cálculo del sistema de combustible a la caldera

4.1	Tipos de combustibles utilizados	41
4.2	Selección del combustible	41
4.3	Cálculo del consumo de combustible	43
4.4	Cálculo y dimensionamiento del tanque diario	44
4.5	Cálculo y dimensionamiento del tanque principal	45
4.6	Cálculo y selección de la bomba de combustible	46

Bibliografía General

Capítulo V

Cálculo del sistema de agua de alimentación

5.1	Generalidades sobre el sistema de agua de alimentación	51
5.2	Cálculo de la capacidad de agua de alimentación	52
5.3	Capacidad y dimensión del tanque de agua de alimentación	53
5.4	Cálculo y selección de las bombas de agua de alimentación	55

Capítulo VI

Cálculo y dimensionamiento de las líneas de vapor y condensado

6.1	Criterios en la selección de tuberías de vapor	64
6.2	Factores necesarios para dimensionar tuberías de vapor	66
6.3	Cálculo del diámetro de tubería de vapor	68
6.4	Generalidades sobre el retorno de condensado	75
6.5	Cálculo de la carga de condensado	76
6.6	Cálculo del diámetro de la tubería de retorno de condensado	77

Capítulo VII

Trampas de vapor

7.1	Aplicaciones de trampas de vapor	82
7.2	Tipos de trampas de vapor	84
7.3	Cálculo, selección de trampas de vapor y factores de seguridad	86

7.4	Localización de las trampas de vapor	89
7.5	Uso de válvulas en los sistemas con trampas de vapor	90

Capítulo VIII

Tratamiento del agua por medio de ablandadores

8.1	Proceso de ablandamiento	92
8.2	Cálculos y selección de ablandadores	93
8.3	Diseño del ablandador	97

Capítulo IX

Desaireadores

9.1	Aplicaciones	101
9.2	Principio de operación	102
9.3	Diagrama esquemático de la instalación de un desaireador	104
9.4	Selección del modelo requerido	107

	Conclusiones y recomendaciones	108
--	---------------------------------------	-----

	Apéndices	110
--	------------------	-----

	Bibliografía	126
--	---------------------	-----

ABREVIATURAS

C.A. = capacidad de ablandamiento
CC = caballos caldera
C.I.R. = capacidad de intercambio requerida
C.O. = capacidad de operación
C.F.R. = caudal flujo de regenerante
C.R.C. = cantidad de regenerante por ciclo
D.C.R. = días de ciclo de regeneración
G.e. = gravedad específica
GPH = galones por hora
GPM = galones por minuto
h = hora
Kg = kilogramo
Kg/h = kilogramo por hora
Kg/cm² = kilogramos por centímetro cuadrado
LRC. = level recorder controller (controlador registrador de nivel)
LT = level temperature (nivel de temperatura)
LP = level pressure (nivel de presión)
lts. = litros
lb = libras
lb/h = libras por hora
lb/plg. = libras por pulgadas
m. = metros
m² = metro cuadrados
m³ = metros cúbicos
mm = milímetros
mm H₂O = milímetros de columna de agua
plg = pulgadas
ppm = partes por millón
PRC = pressure recorder controller (registrador controlador de presión)
SSU = segundos saybolt universales
T.T.R. = tiempo de transferencia del regenerante
VAC = Voltaje de corriente alterna
V.Rs. = volumen de la resina

SIMBOLOGIA

H_f = pérdidas por fricción

TDH = cabezal

$^{\circ}\text{C}$ = grados centígrados

$^{\circ}\text{F}$ = grados fahrenheit

η = eficiencia

ρ = densidad

ΔP = caída de presión

F&T = trampa de flotador y termostática

$\sqrt{\quad}$ = señal neumática

INDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1.1	Máquina texturizadora	6
1.2	Enconadora	7
1.3	Cantra	8
1.4	Engomadora	9
1.5	Telares planos	10
1.6	Barca Jet	11
1.7	Turb stat	12
1.8	Turbo flow	12
1.9	Rama	13
2.1	Relación de presión capacidad para seleccionar el tipo de caldera a usar	22
2.2	Caldera de vapor con sus principales componentes	26
3.1	Caldera básica de vapor	29
3.2	Controles de arranque de una caldera	30
3.3	Diagrama secundario del flujo de aire	31
3.4	Interruptor de baja alimentación	34
3.5	Control de nivel de tres elementos	37

3.6	Caudal aire-caudal fuel serie	40
4.1	Viscosidad en función de temperatura	48
4.2	Selección de bombas de acuerdo al flujo y presión requerido	49
6.1	Distribución de tuberías de vapor y de retorno de condensados	66
6.2	Diagrama para dimensionar tuberías de vapor	70
6.3	Caídas de presión en líneas de vapor saturado	71
6.4	Diagrama para dimensionar tuberías de condensado	80
7.1	Tipos de trampas de vapor	84
7.2	Trampa de flotador y termostática	85
7.3	Ubicación de trampa de vapor debajo de un equipo	89
7.4	Válvula reguladora de presión de acción directa	91
8.1	Modelo de ablandador a utilizar	96
9.1	Desaireador con sus componentes	103
9.2	Instalación de un desaireador	106

X	Factores de seguridad recomendados para las trampas de vapor	88
XI	Características de los desaireadores	107

INTRODUCCION

El objetivo de esta tesis es analizar y seleccionar la instalación de vapor de una industria textil. Primero se hará un balance de energía a los equipos para determinar la cantidad de vapor que necesitaremos y por ende la potencia de la caldera requerida.

En una industria textil se utiliza vapor para los procesos de lavado, tinturado, blanqueado y planchado de la tela. Los cálculos de consumo de vapor para la barca jet, los turbo flow y los turbo stat se lo realizará tomando como base que están trabajando en el proceso de tinturado, ya que es en esta etapa que se necesita más vapor.

Para que una caldera no tenga problemas de eficiencia deben de ser bien seleccionados los ablandadores y el tipo de resina a utilizar; las bombas de combustible y agua de alimentación; y finalmente las trampas de vapor.

CAPITULO 1

INDUSTRIA TEXTIL

1.1 INTRODUCCION

Los procesos de producción difieren de unas fábricas a otras según el tipo de fibras empleadas, la clase de hilaza, la tela producida, la edad de las máquinas y la economía general de competencia. El presente trabajo ha sido realizado en una industria textil de mediana producción (alrededor de 70.000 metros de tela mensuales). La fibra utilizada se la somete a tratamientos como texturizado, torcido, doblado para darle el tono necesario para la elaboración de una determinada tela.

La maquinaria que se utiliza en el proceso de producción en su mayoría es de origen **Aleman**, existiendo también maquinaria de origen Suizo y Belga. Los telares son de marca **Rutti** de origen de **Aleman** con una velocidad de producción de aproximadamente de 3 metros por hora. A diferencia de otras industrias textiles la tela que se produce es de primera y esta se la elabora solo bajo pedido, existiendo poca cantidad en bodega.

1.2 GENERALIDADES SOBRE LA INDUSTRIA TEXTIL

De la misma forma que se reteje un agujero la tela producida (cantidad de tela en metros) se teje con dos juegos de hilos (urdimbre y trama) entrelazándolos cuando

están en ángulo recto. Entendiéndose por entrelazamiento de tejido pie y trama al proceso de entrelazamiento de dos juegos de hilos cuando están en ángulo recto. Esta operación se hace en un telar manual o de fuerza. Si un juego de hilos forma lazadas, una lazada tomada por la otras y una hilera de lazadas colgando de la que se sigue, la tela se ha hecho por tejido plano.

Tejido de pie y trama y tejido de punto son dos procesos de fabricación de telas. Tejido de pie y trama es el método más común, aun cuando el tejido de punto está tomando mayor importancia gracias a máquinas nuevas y mejoradas que producen las telas más rápidas y satisfactoriamente y con dibujos más atractivos. Todas las telas de tejidos pie y trama están hechas en alguna clase de telar.

Los telares de fuerza han sustituido a los telares de mano y han trasladado la operación del tejido, de las casas a las fábricas. Diseños intrincados, alguna vez considerados como obras maestras de telar de mano ahora pueden duplicarse, rápida y económicamente, por las máquinas.

Las telas pueden elaborarse de fibras o hilos en ocho maneras diferentes:

1.- **Tejido pie y trama** que es el entrelazamiento de dos grupos de hilos que se encuentran colocados en ángulo recto.

a.- *Urdimbre (hebra o cabo)* que es el hilo que corre en sentido longitudinal en la tela tejida.

b.- *Trama ('asada, lucha, relleno)* que es el hilo que corre a lo ancho de una tela tejida. Los hilos de trama van colocados sobre y debajo de los hilos de urdimbre.

c.- **Orilla** que es el filo o borde externo en ambos lados de la tela. La orilla está formada por hilos de trama que forman una lazada alrededor de los hilos de urdimbre de los extremos, formando un borde que no se puede destejar fácilmente. Los hilos de urdimbre de fondo de la tela siempre van paralelos a las orillas.

2.- **Tejido de punto** que es la construcción de una tela elástica porosa, por medio de agujas. Uno o más hilos forman una serie de lazadas conectantes que se sujetan una con otra como cadena.

3.- **Crochet** que es la construcción que se hace únicamente con un gancho o una aguja. Se forma en cadenas de lazadas con un solo hilo individual.

4.- **Afieltrado** que es el proceso de empalmar varias fibras juntas por medio de calor, vapor y presión para formar una tela.

5.- **Anudado (redes)** que es el proceso de formar una tela abierta o red que se elabora anudando hilos juntos donde se cruzan unos con otros. Tejido frivolite es una forma de encaje por anudado, que se hace manualmente utilizando una pequeña lanzadera con hilo.

6.- **Trenzado (encarrujado)** que es el entrelazamiento de tres o más hilos o tiras de género sobre o abajo una de otra para formar una tela plana angosta o tubular.

7.- **Ligado o apelmazado** que es un proceso de prensar fibras para formar hojas delgadas o telillas y que se mantienen juntas mediante adhesivos o plásticos. A las

telas así fabricadas se les llama textiles no tejidos.

8.- **Laminado** que es la unión de dos o más capas de material unidas mediante el uso de algún agente ligador o el calor especialmente, la unión del derecho de una tela con un respaldo de espuma de plástico forma una tela bondeada. Las telas laminadas son **géneros** compuestos de capas de materiales incluyendo espuma que se mantiene unida mediante algún adhesivo, un agente ligador o calor.

1.3 MATERIA PRIMA A UTILIZARSE EN EL PROCESO

La materia prima que se utiliza en los procesos textiles en su mayoría son fibras las cuales pueden ser sintéticas, de lino o viscosas. Una fibra es una unidad de materia prima parecida al cabello, que se utiliza para hacer los géneros por ejemplo, algodón, lino, rayón, seda, lana, nylon y poliéster.

La fibra es la unidad básica de la que se hacen las telas. Para tener idea de cómo se hace una fibra, desenrede un cabello, llamado hilo, de una muestra de algodón puro. Destuerza el hilo. Cada uno de los pelitos o vellos que en conjunto forman el hilo, constituye una fibra.

Para hacer un hilo, se agrupan varias fibras (a menudo torcidas) en un cabo o hebra.

1.4 PROCESO DE PRODUCCION DE TELAS

En los procesos de elaboración de telas básicamente se presentan tres etapas:

-Texturizado

-Tejeduría

-Tintorería

Texturizado

Las fibras a utilizar se las pasa por la torcedora con la finalidad de darle mayor dureza al hilo, así como también una mayor resistencia y calidad a la tela. Solo cuando se trata de tela gruesa se pasa el hilo por Pa dobladora, la cual es una máquina que sirve para aparear el hilo.

Después que el hilo ha sido torcido y doblado pasa por la texturizadora para darle elasticidad a base de temperatura. La máquina texturizadora se muestra en la figura 1.1.

Tejeduría

En esta sección se tejen los hilos de acuerdo al diseño de tela requerido. El hilo proveniente de la sección de texturizado se lo embobina en diferentes tubos para ser repartido a otras máquinas. Por medio de la enconadora se lo coloca el hilo en conos, tal como se en la figura 1.2, los conos quedan listos para ser cargados en la urdidora de faja a través de la cantra o **fileta**. La cantra tiene una capacidad de 640 bobinas.

El hilo pasa a través de un peine (para que el hilo no se enrede) hacia el tambor. donde es fajado. La cantidad del hilos de la faja depende del tipo de tela a

elaborar, por ejemplo en el caso de la tela poliéster para camisa se necesitan de 5400 a 5800 hilos.

FIGURA 1.1
MAQUINA TEXTURIZADORA

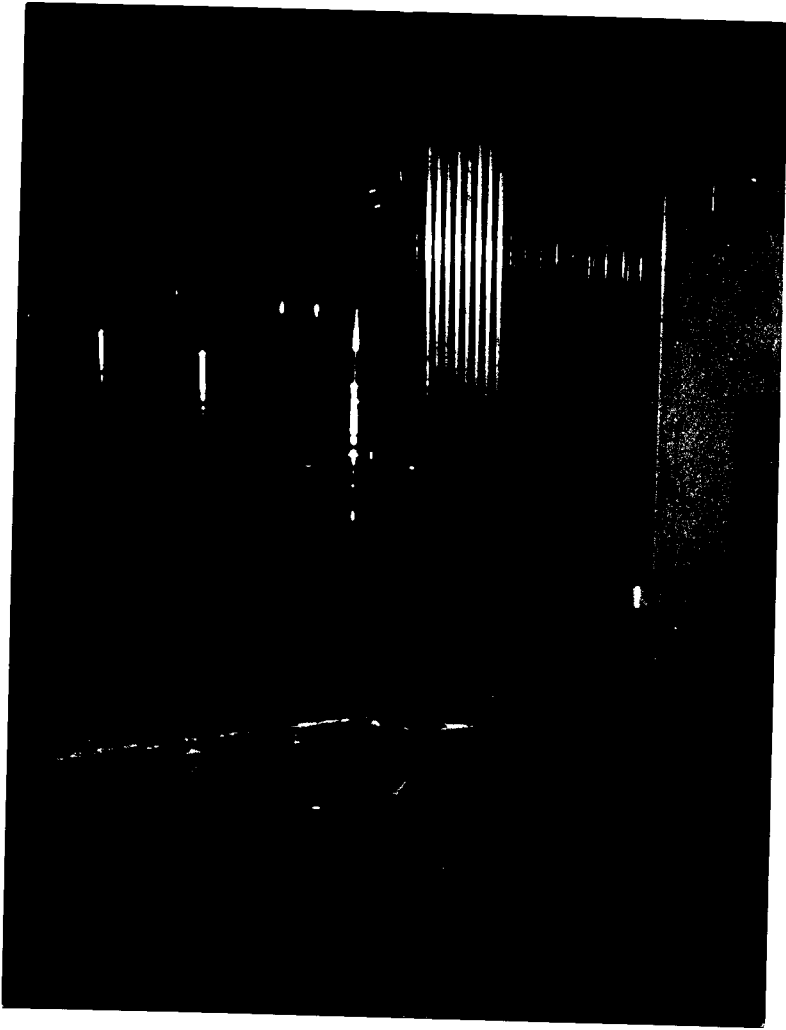


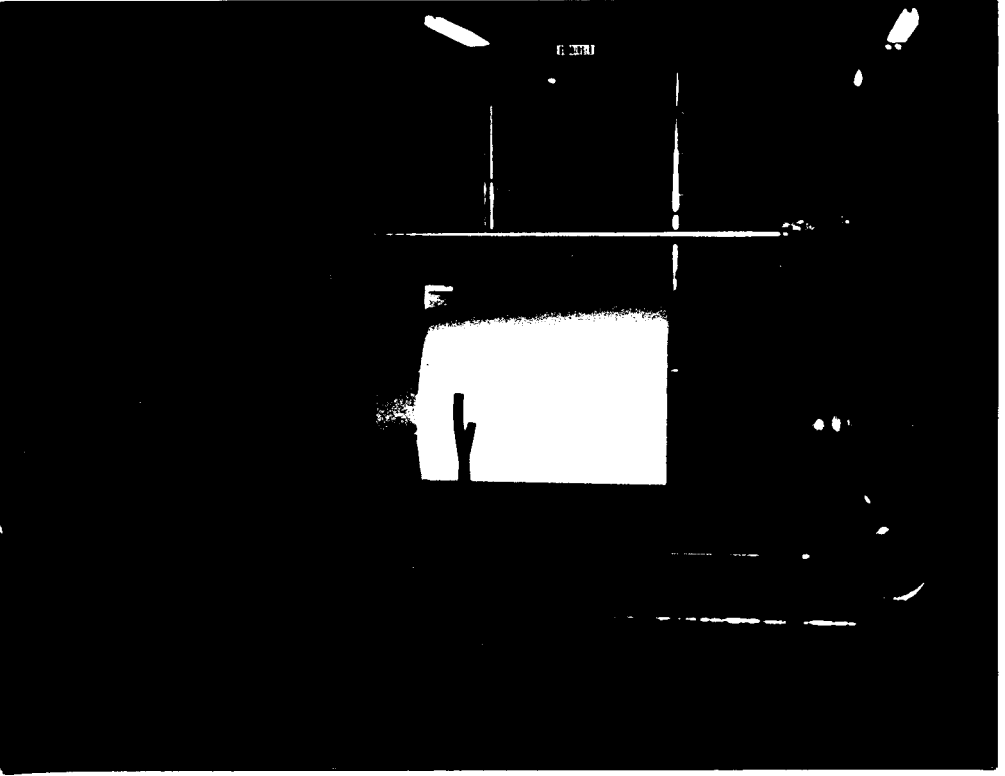
FIGURA 1.2
ENCONADORA



Seguidamente se coloca el hilo en un plegador (el plegador es una bobina que se ajusta a los lados dependiendo del número de hilos a utilizar) y queda listo para ser pasado por la engomadora. En la engomadora (Figura 1.4) los hilos se

FIGURA 1.3

CANTRA



sumergen en una mezcla de goma textil, suavizantes y lubricantes; fijados con tambores calientes a una temperatura aproximada a los 80°C para darle mayor resistencia al hilo durante las siguientes etapas del proceso; el hilo que sale de la engomadora pasa a un plegador, el cual es llevado a la sala de pasadoras, en donde ordenan el hilo de acuerdo al diseño de tela requerido.

Los plegadores se colocan en los telares donde se teje la tela, tal como se puede apreciar en la figura 1.5. La tela elaborada pasa a la sala de revisión, donde se corrigen pequeñas fallas de elaboración como lo son pequeños nudos en los hilos,

manchas de manipuleo, etc.

FIGURA 1.4
ENGOMADORA

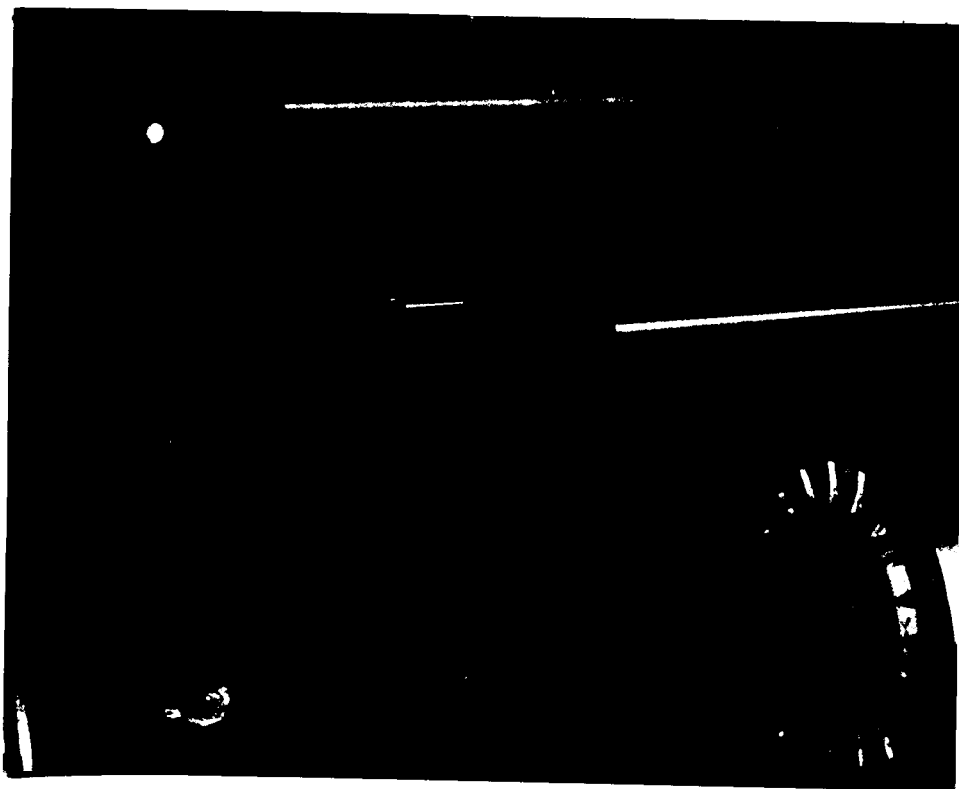


FIGURA 1.5
TELARES PLANOS



Tintoreria

En esta sección se da el acabado final a la tela. La tela proveniente de la sala de revisión se la lava y blanquea ya sea a través del turbo flow ó de la barca jet, a temperaturas de trabajo de aproximadamente 100 °C . La tela limpia se la tintura en los turbo stat a temperaturas de 130 °C, ó a través de la barca jet a la misma temperatura.

La tela tinturada se la hace pasar por la secadora y luego por la chamuscadora

para eliminar las pelusas de la tela. La máquina tundidora se encarga de limpiar la tela de los restos chamuscados. Las máquinas que se utilizan en esta parte del proceso se muestran en las siguientes figuras.

FIGURA 1.6

BARCA JET



FIGURA 1.7
TURBO STAT

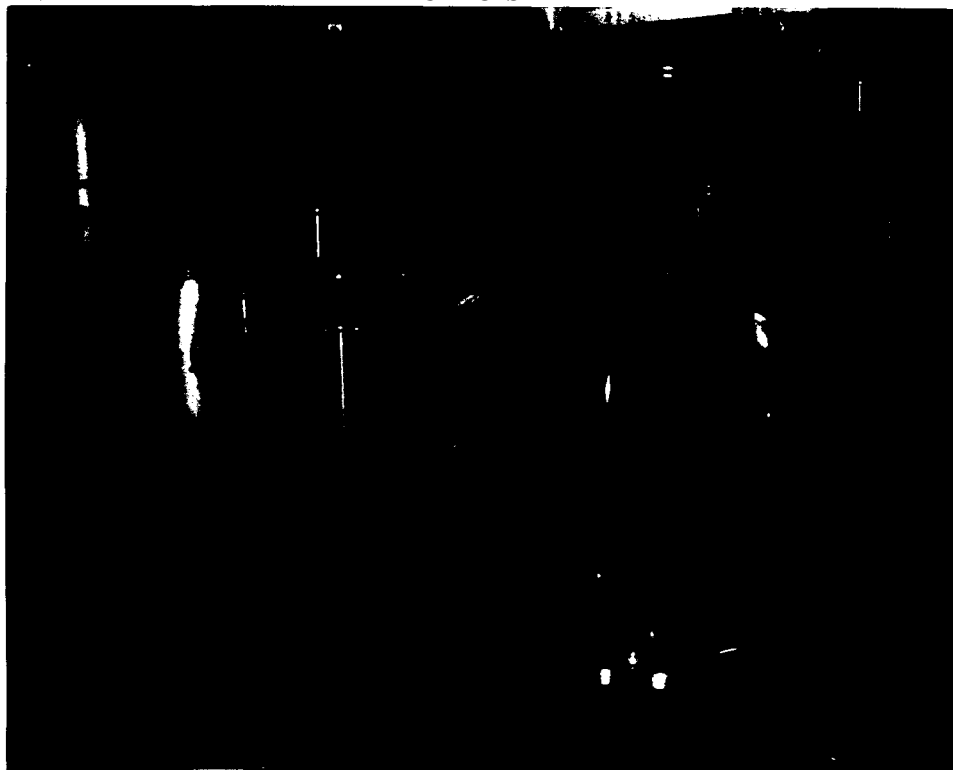
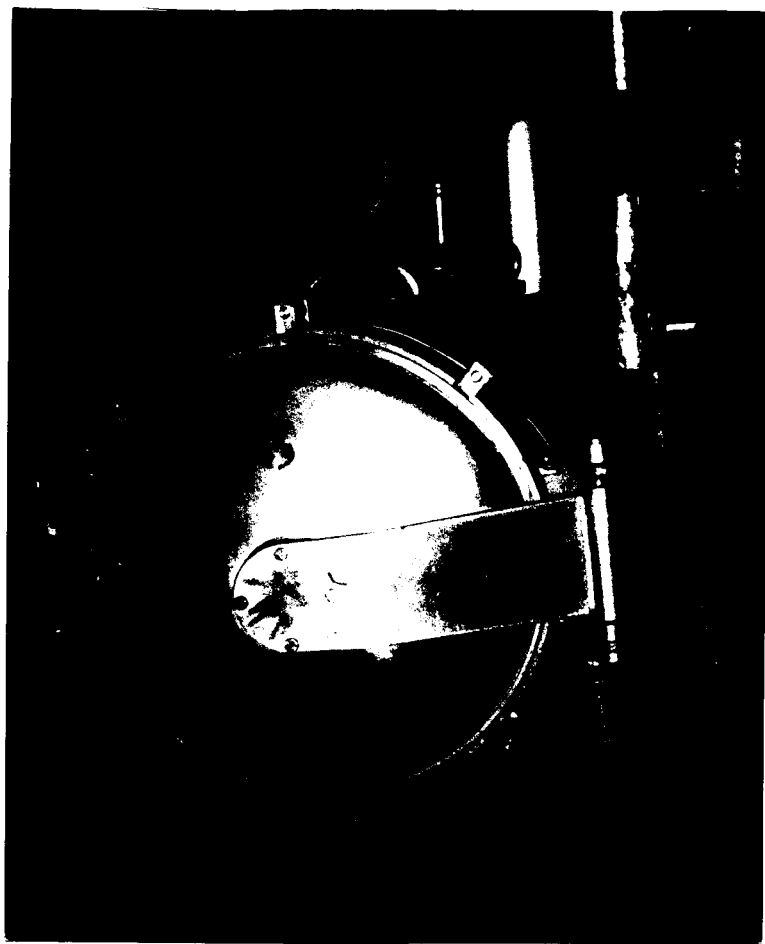


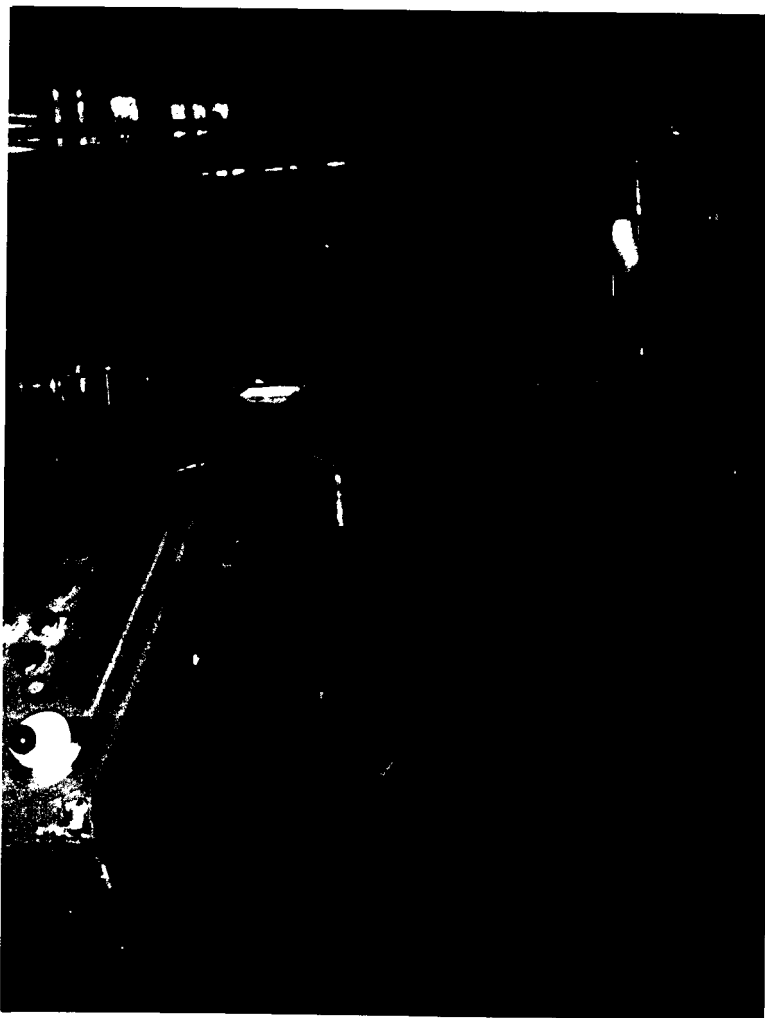
FIGURA 1.8 TURBO FLOW



En la rama se termofija la tela al ancho deseado, para luego ser planchada y revisada. La tela producida se la pesa y se la corta en piezas que son almacenadas en la bodega de producto terminado.

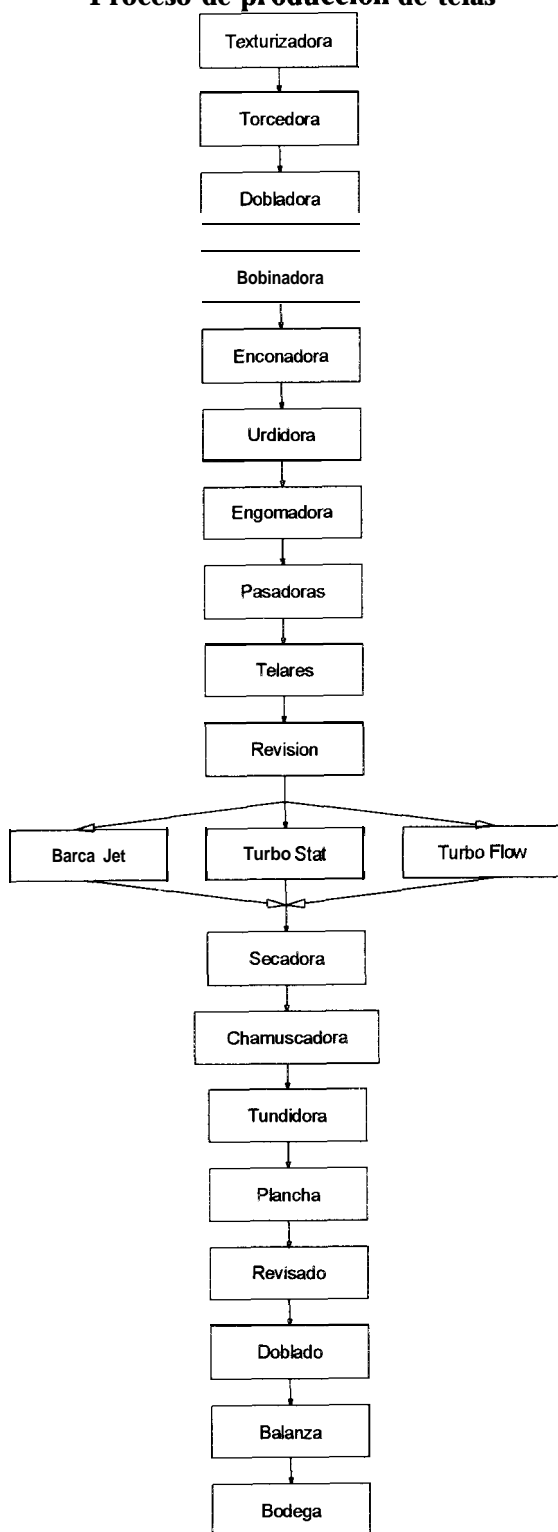
FIGURA 1.9

RAMA



En el siguiente diagrama se presenta el proceso de producción de telas. con cada una de las etapas del proceso.

Proceso de producción de telas



CAPITULO II

CALCULO Y DETERMINACION DE REQUERIMIENTOS DE VAPOR

2.1 APLICACION DEL VAPOR EN UNA INDUSTRIA TEXTIL

En una industria textil' los requerimientos de vapor es para todo el proceso, es así que se lo utiliza en los equipos de lavado, planchado, engomado, blanqueado y tinturado de la tela producida. El termofijado de la tela también es a base de vapor, pero en la mayoría de industrias textiles se lo obtiene a través de un caldero pequeño.

2.2 CALCULO DEL CONSUMO DE VAPOR DE LOS EQUIPOS

Calcularemos la capacidad de vapor requerida, en los equipos como barca jet, turbo stat, turbo flow, tomando como base que los mismos están trabajando en el tinturado, ya que es en este proceso que se necesita más vapor.

El trabajo de las tintorerías consisten básicamente en procesos de inmersión en tintes a temperaturas de ebullición, en procesos de enjuagues y por último en procesos de secado.

En los tanques de tinte, los chorros de vapor deben fluir por el fondo de los

tanques para calentar el tinte y agitarlo a fin de que la solución se mezcle completamente.

La capacidad de vapor para estos equipos puede ser calculada en base de la siguiente fórmula:

$$CC = \frac{C \times 8,33 \times (210 - T)}{334,72}$$

Donde:

CC= caballos caldera

C= Capacidad del tanque en galones

T= Temperatura del agua suministrada en "F.

La fórmula indicada se aplica solamente para cuando la ebullición se efectúa en una hora. Si el tanque realiza la ebullición en los siguientes tiempos se multiplica por el respectivo factor de corrección

TABLA 1
FACTOR DE CORRECCION PARA EL CALCULO DE
CAPACIDAD DE VAPOR EN TINTORERIAS

Tiempo de ebullición Minutos	Factor
30	2,00
40	1,50
45	1,33

Barca Jet

Presión de operación = 3,2 Bar

Capacidad= 396,301 galones = 1500 lts.

Temperatura del agua suministrada = 104 °F = 40°C

Tiempo de operación, t= 45 minutos

$$CC = \frac{396,301 \times 8,33 \times (210 - 104)}{33472} \times 1,33$$

$$CC = 13,904 \text{ CC}$$

Turbo stat #1, 2

Presión de operación = 3,5 Bar

Capacidad= 224,57 galones = 850 lts.

Temperatura del agua suministrada = 104 °F = 40°C

Tiempo de operación, t = 40 minutos

$$CC = \frac{224,57 \times 8,33 \times (210 - 104)}{33472} \times 1,5$$

CC== 8,886 CC. Como tenemos 2 turbo stat necesitaremos: 2x8,886= 17,772 CC

Turbo stat #3

Presión de operación = 4 Bar

Capacidad= 377,807 galones = 1430 lts.

Temperatura del agua suministrada = 104 °F = 40°C

Tiempo de operación, $t = 40$ minutos

$$CC = \frac{377,807 \times 8,33 \times (210 - 104)}{33472} \times 1,5$$

$$CC = 14,949 \text{ CC}$$

Turbo flow #1 y 2

Presión de operación = 3 Bar

Capacidad = 396,88 galones = 1502 lts.

Temperatura del agua suministrada = 104 °F = 40°C

Tiempo de operación, $t = 45$ minutos

$$CC = \frac{369,88 \times 8,33 \times (20 - 104)}{33472} \times 1,33 \times 2$$

$$CC = 25,954 \text{ CC.}$$

Engomadora

El hilo que proviene de la urdidora, pasa por una tina que contiene almidon, suavizantes y lubricantes y pasa por unos rodillos (hay 4 **rodillos**) que tienen las siguientes características:

Longitud = 7,216 pies = 2,2 m.

Diámetro exterior = 1 metro

Diámetro interior = 0.995 metros

Temperatura exterior = 185 °F = 85°C Temperatura interior = 190,4 °F = 88°C

Pesión de operación = 3,5 Kg/cm²

Material acero inoxidable , K = 9,4 Btu/h-pie-°F

La cantidad de calor que pasa a través de cada rodillo se la calcula con la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{2\pi Kx(T_i - T_e)}{\ln(d_e / d_i)} x L$$

$$Q = \frac{2 \times 3,14 \times 9,4 \frac{Btu}{h \cdot pie \cdot F} \times (190,4 - 185) F}{\ln(1 / 0,995)} \times 7,216$$

$$Q = 461436,010 \frac{Btu}{h}$$

Como 1 CC = 33472 Btu/h, para cada rodillo se necesita 13,786 CC.

Por lo tanto para la engomadora se necesitarán 4x 13,786 = 55,144 CC.

Plancha

El proceso de transferencia de calor en la plancha es similar al de la engomadora, es decir por medio de rodillos. La temperatura en el interior de los rodillos es casi igual a la temperatura exterior. Los rodillos son de acero y tienen las siguientes características:

Longitud = 7,216 pies = 2,2 m.

Temperatura exterior = 176 °F = 80°C

Temperatura interior = 177,8 °F = 81°C

Coefficiente de transferencia de calor del acero común = 26 Btu/h-pie-°F

Diámetro exterior = 0.80 metros

Diámetro interior = 0.79 metros

$$Q = \frac{2 \times 3,14 \times 26 \times \frac{Btu}{h \cdot pie \cdot F} \times (177,8 - 176) \times 7,216 \text{ pies}}{\ln(0,80/0,79)}$$

Q = 169664,901 Btu/h, que equivalen a 5,0689 CC por cada rodillo. Como son 3

rodillos:

$$3 \times 5,0689 = 15,207 \text{ CC}$$

Resumen de los requerimientos de vapor de cada uno de los equipos

Equipo	Consumo de vapor Lbs/h	Caballos caldera CC
Barca Jet	479,690	13,904
Turbo stat # 1	306,705	8,886
Turbo stat # 2	306,705	8,886
Turbo stat # 3	515,780	14,949
Turbo flow # 1	447,710	12,977
Turbo flow # 2	447,710	12,977
Engomadora	1902,470	55,144
Plancha	524,75	15,207
TOTAL	493 1,085	142,93

Al realizar la suma de la capacidad en caballos de caldera que se necesita para que cada equipo funcione obtenemos como resultado 142,93 CC

2.3 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA SELECCION DE GENERADORES DE VAPOR

En la selección de una caldera, no sólo hay que considerar los caballos caldera que se necesitan, sino, además factores, como:

Agua de alimentación disponible.- Este factor es muy importante, ya que el agua debe de ser tratada correctamente, ya que la duración de una caldera, así como la calidad del vapor generado dependen directamente de esta.

La temperatura mínima recomendada para el agua de la caldera es de 170 °F.(77°C).

Cuando se usa agua a temperaturas más bajas de 170 grados F., se reduce la temperatura de los gases de la combustión hasta el punto en que el vapor del agua se condensa. El efecto de esto es que presenta corrosión en las superficies de la caldera y chimenea.

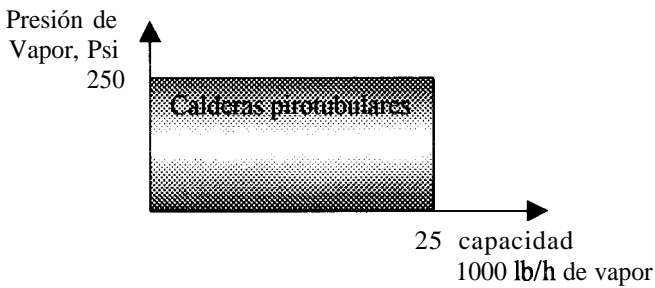
Tiempo de operación diaria de la caldera.- El tiempo de operación diaria de una caldera influye en la cantidad de vapor por día que se necesite, así como también en el tipo de combustible a utilizar. Para nuestro caso la caldera operará 24 horas al día.

Tipo de caldera a utilizar.- La presión de trabajo de nuestra caldera, según

recomendaciones de fabricantes, la tomaremos en 150 Psi y como la capacidad de producción de vapor de nuestra caldera es de 5 175 lb de vapor por hora, con estas características observamos de la figura # 2.1 que el tipo de caldera recomendado es la pirotubular. Las calderas pirotubulares ocupan menor espacio de instalación que las calderas acuaturbulares.

FIGURA 2.1

**RELACIÓN DE PRESIÓN-CAPACIDAD PARA SELECCIONAR
EL TIPO DE CALDERA A USAR**



Número de unidades.- La cantidad de unidades que necesitaremos son dos calderas de 150 CC, ya que si adquirimos solo una, cuando se presente algún momento crítico, ya sea por mantenimiento, o por daño en la caldera estaremos reparados para combatir el problema. Además resulta más económico disponer de dos calderas que tener que parar la producción.

Como es de notar, las calderas deben de ser de la misma marca para tener facilidad de repuesto.

Tipo de combustible a utilizar.- El tipo de combustible a utilizar tiene vital

importancia en el aspecto económico y eficiente de la producción de vapor. Entre los principales combustibles que podemos utilizar tenemos los que se denominan combustibles químicos como son: carbón, diesel oil, kerosene, fuel oil.

Carbón, no se usa en el Ecuador. En cambio en los ingenios azucareros utilizan mucho el bagazo de caña de azúcar.

El diesel oil es recomendable solo en calderas de hasta 60 caballos de caldera, con un tiempo de operación diaria de 16 horas por día, siendo un combustible relativamente limpio y fácil de almacenar, no requiriendo de gran cantidad de equipo para su manipulación.

El kerosene se encuentra más subvencionado que el diesel oil y presenta ventajas similares al diesel oil, sin embargo, en calderas de capacidades superiores a 50 caballos caldera no es muy conveniente su uso.

El fuel oil o bunker No 6. Es un combustible más barato que el diesel oil, y a pesar que presenta ciertas dificultades en su almacenamiento (tanques con almacenamiento) y manipulación (por su alta viscosidad) es recomendable en calderas de capacidades de 80 caballos caldera o más con un tiempo de 24 horas por día de operación.

El espacio disponible.- Es otro factor que puede ser causa de problemas, especialmente si el área destinada para instalar la caldera es reducida con respecto

a las dimensiones de la caldera, en caso de que éstas sean mayores que el espacio disponible.

La disponibilidad de energía eléctrica.- Constituye otro de los factores importantes a considerar, de acuerdo a los requerimientos de voltaje, ciclaje y número de fases (monofásica, trifásica) principalmente. Pues toda caldera industrial requiere electricidad para los motores de quemadores, bombas y controles.

2.4 SELECCION DE LA CALDERA

En primer lugar para la selección de la caldera hay que determinar la potencia necesaria, que para nuestro caso es de 142,93 CC, pero seleccionaremos la potencia de 150 CC por ser la inmediata superior.

La caldera será del tipo pirotubular, de cuatro pasos, de posición horizontal por su facilidad de mantenimiento; operará con bunker No 6 Además tendrá las siguientes características:

Presión en operación: Vapor 15 a 150 psig

Agua caliente30 a 150 psig

Encendido Automática

Alimentación..... Modulación completa en toda

asignación de operación

Quemador Atomización de aire
 Registro de aire tipo rotatorio modulado (eléctricamente)

En la figura 2.2 muestro este tipo de caldera, con sus principales componentes

Cálculo del tiro de la caldera

Se entiende por tiro: la diferencia de presión producida por el flujo de aire a través de una caldera, hogar, tubo de escape y chimenea. El tiro es necesario para que el suministro de aire en una cantidad suficiente asegure una combustión completa y bajo una suficiente presión que pueda vencer la resistencia ofrecida por Pa caldera, carcasa, paredes del hogar, tabiques y revestimiento de chimeneas.

Las unidades de medida del tiro son las pulgadas ó milímetros de la columna de agua. Existen tres clases de tiro: natural, forzado e inducido.

Tiro natural es producido solamente por una chimenea y es causado por la diferencia en peso entre la columna de gas caliente dentro de la chimenea y una columna de aire frío exterior de la misma altura y sección transversal. Usualmente es controlado por dampers (reguladores tipo mariposa) operados manualmente en la chimenea y en las conexiones de aberturas de la caldera en la chimenea.

El tiro mecánico es producido artificialmente por ventiladores.

El tiro inducido es aquel que se induce por medio de un ventilador para que los gases escapen por la chimenea.

Cálculo del tiro natural

El tiro de una caldera puede calcularse con la siguiente fórmula:

$$P_t = 0,52 \text{ h x } P_{ox} \left(\frac{1}{T_o} - \frac{1}{T_e} \right)$$

donde:

P_t = Presión de tiro en plg de columna de agua

h = Altura de la chimenea en pies

P_o = Presión atmosférica en lbs/plg²

T_o = Temperatura absoluta del aire exterior ($^{\circ}\text{F} + 460$)

T_e = Temperatura absoluta del gas de la chimenea ($^{\circ}\text{F} + 460$)

Para nuestro caso tenemos los siguiente datos:

$$h = 60 \text{ pies} = 18,29 \text{ m.}$$

$$P_o = 14,7 \text{ Psi}$$

$$T_o = 104^{\circ}\text{F} + 460 = 564^{\circ}\text{R}$$

$$T_e = 212^{\circ}\text{F} + 460 = 672^{\circ}\text{R}$$

$$P_t = 0,52 \times 60 \times 14,7 \times \left(\frac{1}{564} - \frac{1}{672} \right)$$

$$P_t = 0,131 \text{ plg.}$$

CAPITULO III

CONTROLES DE LA CALDERA

FUNCION DE LOS CONTROLES Y COMPONENTES

El término “control” se refiere a las válvulas y componentes más importantes inclusive aunque no restringido a los controles eléctricos o los que el control de la programación gobierna. El operador debe familiarizarse con las funciones individuales de todos los controles.

Los controles que realmente se suministran con una determinada caldera dependen del combustible o combustibles para que esté equipada así como del sistema para cual esté diseñada vapor o agua caliente.

Como todos sabemos a la caldera se le exige mantener una presión de trabajo constante para la gran diversidad de caudales de consumo, por lo cual debe de ser capaz de:

1.-Aportar energía calorífica suficiente a través de la combustión del fuel oil o del diesel oil con el aire.

2.-Desde el punto de vista de seguridad, el nivel debe estar controlado y mantenido dentro de unos límites, y por último

3.-Garantizar una llama segura en la combustión.

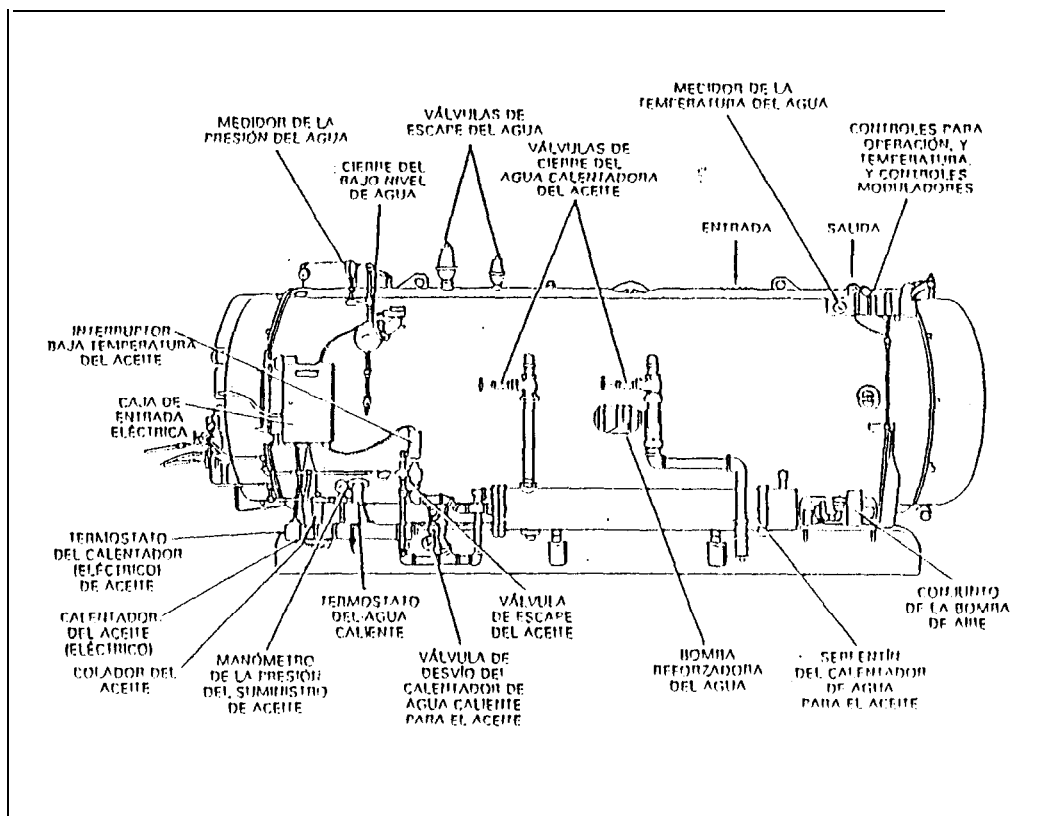
3.2 CONTROLES COMUNES A TODAS LAS CALDERAS

Entre los principales controles comunes a todas las calderas tenemos:

1.- Motor del ventilador (impulsor) figura 3- 1. Mueve el ventilador sin caja (impulsor) directamente para abastecer el aire para combustión. También designado como soplador.

FIGURA 3-1

CALDERA BÁSICA DE VAPOR



2.- Arranque del motor de ventilador. Da energía al motor del impulsor.(fig 3.2)

3.- Ventilador (figura 3-3). Suministra todo el aire comprimido para la combustión del combustible y modula las válvulas del combustible del piloto y del combustible principal, y suministra el aire de purga.

FIGURA 3.2
CONTROLES DE ARRANQUE DE UNA CALDERA

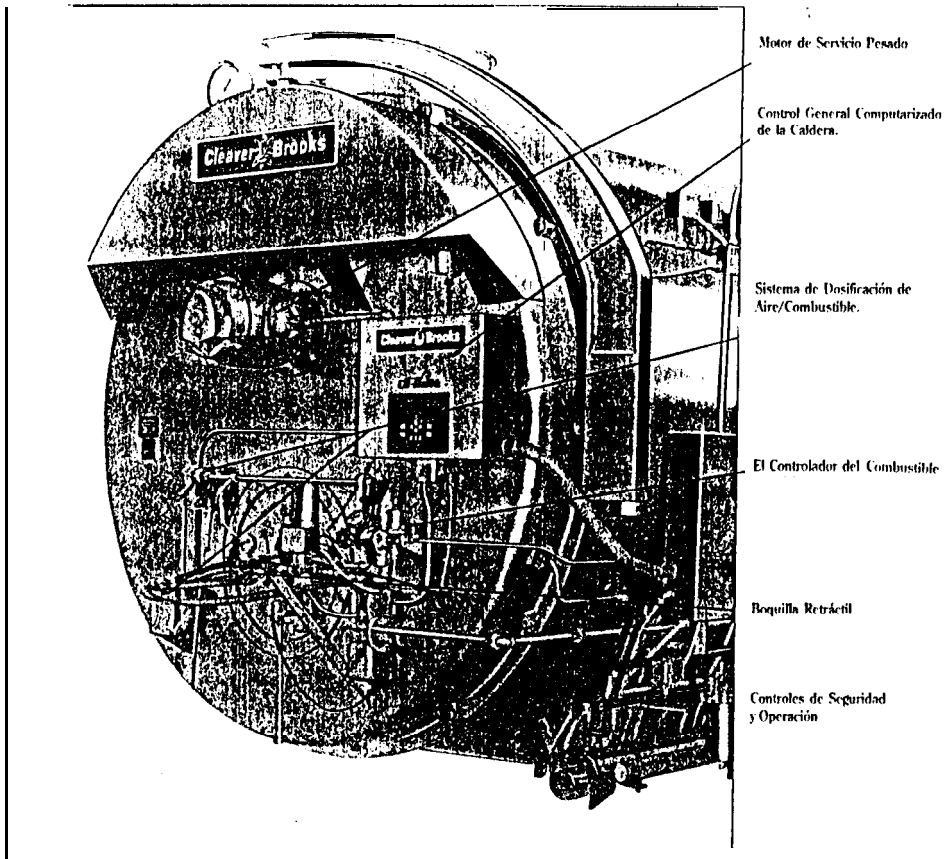
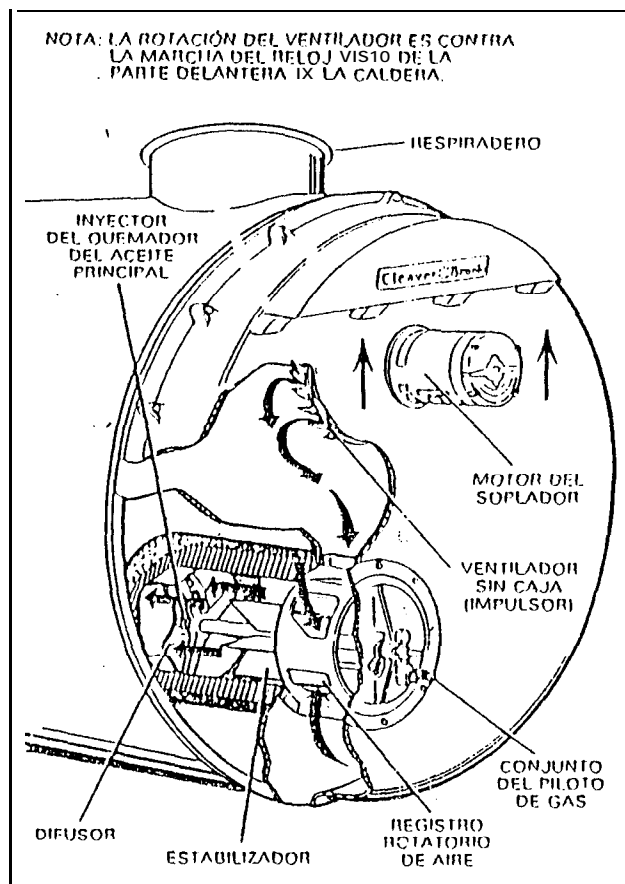


FIGURA 3-3

DIAGRAMA SECUNDARIO DEL FLUJO DE AIRE



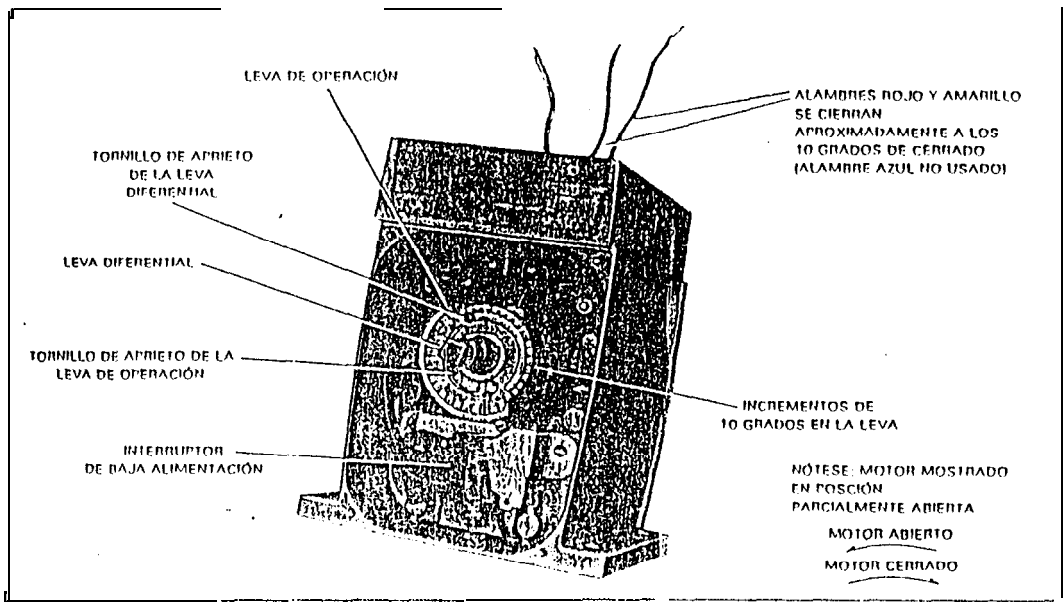
4.- Transformador para la ignición. Provee una chispa de alto voltaje, para la ignición del piloto de gas o piloto de aceite liviano.

5.- Motor modulador del registro. Mueve el registro rotatorio del aire y modula las válvulas del combustible por medio de levas y un sistema articulado para asegurar la proporción correcta de aire-aceite bajo toda condición de carga.

6.- Interruptor de baja alimentación. (figura 3-4). Por medio de levas, este interruptor auxiliar interno actúa sobre el eje principal del motor modulador del registro. Este interruptor tiene que estar cerrado para que se encienda el

quemador en posición de baja alimentación. Este dispositivo evita la ignición del quemador a menos que el motor modulador haya vuelto a colocar el registro

FIGURA 3.4
INTERRUPTOR DE BAJA ALIMENTACION



rotatorio del aire y la válvula reguladora del combustible también a la posición de baja alimentación. Este interruptor es una parte integral del motor.

7.- Interruptor del quemador. Manualmente empieza y para la operación del quemador lo hace por medio de una conexión directa.

8.- Interruptor manual-automático. En la posición "automático", toda operación queda bajo el control modulador que gobierna la posición del motor modulador según la demanda de carga. En la posición "manual", el motor modulador, por medio del control manual de la llama, puede ser ajustado para la asignación

apropiada de la alimentación.

Básicamente, éste es un control de prueba y ajuste que se usa para establecer la proporción de aire-combustible a través de todo el campo de asignaciones de alimentación.

9.- Control manual de la llama. Un potenciómetro accionado manualmente que permite establecer la asignación del fogeo del quemador por medio del motor modulador con tal que el interruptor manual-automático, quede en la posición “manual”.

10.- Transformador del motor modulador del registro. Reduce el voltaje del circuito de control (**115 VAC**) al voltaje apropiado (**24 VAC**) para la operación del motor modulador.

11.- Luces indicadoras. Dan información visual sobre la operación de la caldera en cuanto a

Falla de llama

Demanda de carga

Válvula del combustible (abierta)

Nivel bajo de agua

12.-Control de programación y seguridad de la llama. En coordinación con los dispositivos de operación, límite y entreconexión, este programa automáticamente

cada período de arranque, operación y parada. Incluye en una secuencia calculada y cronometrada la operación del motor soplador, el sistema de ignición las válvulas del combustible y motor modulador del registro. La misma secuencia abarca períodos de purga antes de la ignición y al cerrarse el quemador.

13.- Interruptor de prueba de aire para la combustión. Un interruptor sensitivo a la presión que se mueve por medio de presión del aire del ventilador. Los contactos se cierran para probar que hay suficiente presión de aire para la combustión. Las válvulas del combustible no pueden recibir energía a menos que este interruptor se cierre.

14.- Timbre de alarma.- Produce señales audibles cuando se presentan condiciones que requieren inmediata atención; se suministra como equipo opcional.

15.- Termómetro de la chimenea.- Indica la temperatura de los gases de escape.

3 CONTROLES DE NIVEL

La regulación del agua de alimentación que mantiene el nivel de la caldera depende de múltiples factores, entre los principales tenemos

- del tipo de caldera
- del tipo de carga

- del tipo de bomba
- del 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. La tabla II nos sirve como guía para escoger el tipo de control.

Tabla II

SISTEMA DE CONTROL DE NIVEL

Tipo	Variables	Capacidad de la caldera kg/h		
Un elemento	Nivel	<6000 cargas irregulares	6000-15000 Pequeños cambios de carga	>15000 Cargas mantenimic
Dos elementos	Nivel Caudal de vapor	Cargas irregulares con grandes fluctuaciones	Cambios de carga moderados	Lentos cambios carga moderada
Tres elementos	Nivel Caudal de vapor Caudal de agua			

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)

Para el caso que estamos analizando seleccionaremos el control de nivel de tres elementos, porque en este sistema la regulación de tres elementos elimina el fenómeno de oscilación del nivel de agua que se produce cuando el caudal de vapor aumenta o disminuye rápidamente.

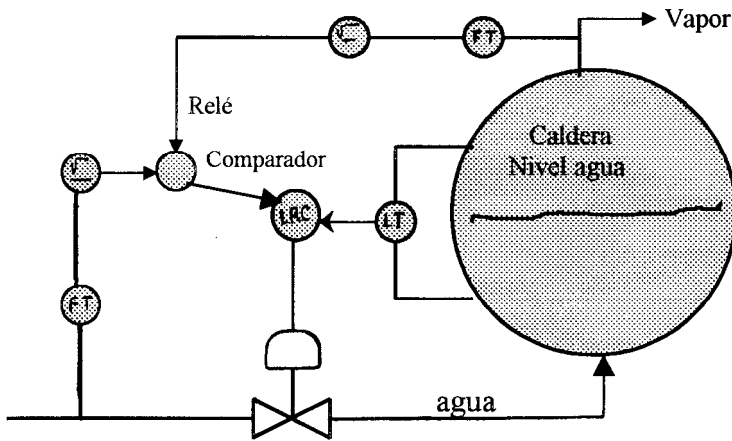
La oscilación es opuesta a la demanda y el fenómeno es importante en calderas de cierta potencia y volumen reducido, las mismas que se encuentren sujetas a variaciones de caudal frecuentes y rápidas. Como ya es conocido las tres variables que intervienen en el sistema son:

- Caudal de vapor
- Caudal de agua de alimentación, y
- Nivel de agua

Para que las condiciones de funcionamiento sean estables, las variables indicadas deberán tener los siguientes requerimientos:

- el caudal de vapor y el agua deben ser iguales y de forma secundaria; y
- el nivel de agua debe reajustarse periódicamente para que se mantenga dentro de unos límites determinados (normalmente éstos son del orden de unos 50 mm por encima o por debajo de la línea central de la caldera).

FIGURA 3.5
CONTROL DE NIVEL DE TRES ELEMENTOS



4.4 CONTROLES DE VAPOR

Entre los principales controles tenemos :

- 1.- Manómetro de la presión de vapor, indica la presión interna de la caldera.
- 2.- Control de límite de presión para operación, rompe el circuito para parar la operación del quemador cuando la presión de la caldera sube sobre el valor de presión seleccionado. Se ajusta para poner el quemador en marcha o pararlo en el valor de presión predeterminado.
- 3.- Control de alto límite de presión, rompe el circuito para parar la operación del quemador cuando la presión de la caldera sube sobre el valor de presión

seleccionado. Se ajusta para parar el quemador cuando alcanza una presión sobre la que ha sido escogida para operación normal. El control normalmente es equipado con un restablecimiento manual.

4.- Control modulador de la presión, descubre cambios en la presión de la caldera y transfiere esta información al motor modulador para adaptar la asignación de la alimentación del quemador cuando el inerruptor manual-automático está en la posición automático.

5.- Columna de agua. este conjunto contiene el cierre de bajo nivel de agua y el control de la bomba e incluye el vidrio de nivel los cierre del tubo de vidrio y llaves de prueba.

3.5 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

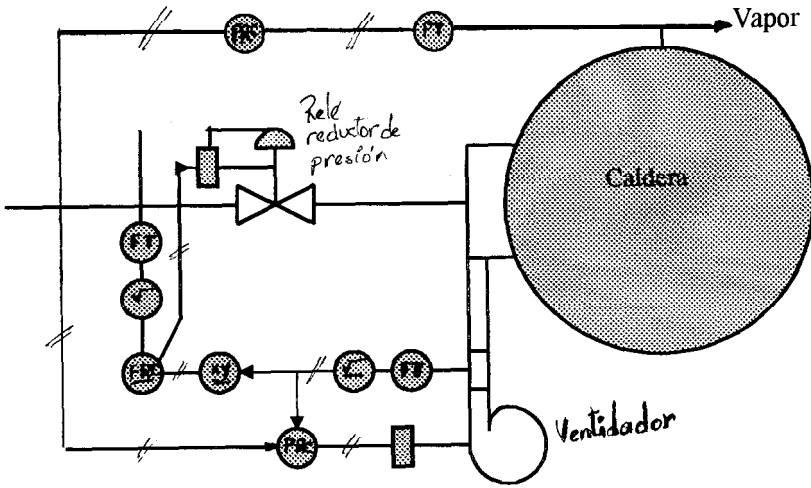
Caudal de vapor-caudal **fuel**/caudal vapor-caudal aire en serie

Caudal aire-caudal **fuel** en paralelo

Para nuestro caso utilizaremos las características de combustión de la forma Caudal aire-caudal fuel en serie, si observamos la figura 3.6, la señal de aire ajusta a través del relé de relación el controlador de fuel, por lo que el sistema presenta mayor seguridad, ya que elimina la posibilidad de formación de una mezcla explosiva cuando falla la señal de aire de combustión.

FIGURA 3.6

CAUDAL AIRE-CAUDAL FUEL SERIE



CAPITULO IV

CALCULO DEL SISTEMA DE COMBUSTIBLE A LA CALDERA

1 TIPOS DE COMBUSTIBLES UTILIZADOS

En el capítulo II se hizo un estudio de los diversos tipos de combustible que se podían utilizar, señalando las características principales de cada uno de ellos, como para recordarlos en esta sección sólo los nombraremos:

Carbón

Bagazo de caña de azúcar

Diesel oil (conocido como No 2)

Kerosene

Fuel oil (denominado bunker No 6)

Gas licuado

2 SELECCION DEL COMBUSTIBLE

El carbón es utilizado en otros países como Inglaterra, USA y Sudáfrica y actualmente se encuentra, nuevamente en estudio su uso a bordo de buques, pues en los primeros buques a vapor se utilizaba el bunker como combustible, por tanto el Carbón no es recomendado para este tipo de trabajo.

El bagazo de caña de azúcar es usado solamente en las calderas que operan en los ingenios de azúcar. El gas licuado es subvencionado por el estado ecuatoriano y es

usado solo para cocinas a gas; es decir; en aplicaciones domésticas.

El kerosene a pesar de ser un combustible limpio y que podría ser usado en calderas por estar también subvencionado por el estado ecuatoriano; sin embargo tiene sus limitaciones solo se lo usa hasta calderas de 60 caballos (CC). De todas formas puede decirse en general que no es usado por las calderas industriales por su baja capacidad de uso.

De los combustibles que se pueden usar solo nos quedan, el diesel oil y el fuel oil (aceite pesado o bunker No 6). El diesel oil era usado en la mayoría de calderas industriales, pero como su precio a aumentado en gran proporción en los últimos años (en la actualidad el galón de diesel vale 2800 sucres* en las terminales de despacho), las empresas están optando por cambiar el sistema de combustible a bunker, ya que es mucho más barato que el diesel oil(1373 sucres* el galón).

Por las razones mencionadas utilizaremos el bunker como combustible. Como el bunker es muy viscoso, una de las formas para reducir su viscosidad es colocando resistencias eléctricas en el tanque diario y en la entrada del quemador para darle la temperatura adecuada (130 °C).

A continuación presento las propiedades más importantes del diesel oil y del fuel oil usados en el Ecuador

Costo a la fecha de agosto de 1997

TABLA III

PROPIEDADES DEL DIESEL OIL Y DEL FUEL OIL USADOS EN ECUADOR

Propiedades	Diesel oil No 2	Fuel oil No 6
Viscosidad SSU a100°F	36 a 45	3714 a 3805
Gravedad específica	0,849 a 0,86	0,9503 a 0,9535
Grados API	33 a 35	16,9 a 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-sedim %	Trazas	Trazas
Contenido de azufre %	0,49	1,50
Contenido de vanadio (ppm)	1,5	120
Contenido de cenizas %	-	0,04 a 0,15
Contenido de sodio (ppm)	-	trazas

3.3 CALCULO DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE

El consumo de combustible es otro parámetro muy importante que hay que tener presente en un caldero, depende del tipo de caldera. A continuación presento como guía el consumo de combustible proporcionado por York Shippley y Cleaver Brooks.

York Shippley

Diesel oil (No 2) : 0,295 GPWCC

Fuel Oil (No6 ó Bunker C) : 0,275 GPWCC

Cleaver Brooks

Del apéndice A, para una caldera de 150 CC tenemos:

Consumo aproximado de combustible

Combustible liviano litros / hora = 170,3

Combustible pesado litros / hora = 159,0

4.4 CALCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE DIARIO

El tanque de servicio diario, como su nombre lo indica, deberá tener como mínimo una capacidad de almacenamiento tal, que el combustible pueda durar 24 horas de operación de la caldera.

El tanque de servicio diario debe ser ubicado tan cerca como sea posible de la caldera

En la tabla IV se presentan recomendaciones de almacenamiento de combustible para calderas compactas (paquete) de tubos de fuego con respecto a los Hp o caballos de caldera (CC)

TABLA IV
CAPACIDAD MINIMA DE ALMACENAMIENTO
CON RESPECTO A CC

Litros	Galones americanos	Caballos caldera
1500	396,3	Hasta 50
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	2642,0	300

Para nuestro caso nos corresponde una capacidad mínima de almacenamiento de 1360,6 galones americanos. Como nuestro tanque será de forma cilíndrica vertical, para una altura de 2,0 metros nos corresponde un diámetro de 1,8 metros.

Es necesario recordar que nuestro tanque diario tendrá una resistencia para mantener el bunker a una temperatura de 70 °C, ya que si el bunker no tiene esa temperatura en el tanque diario tendremos problemas en el arranque de la caldera.

4.5 CALCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL TANQUE PRINCIPAL

Los tanques de combustibles principales que se usan en aplicaciones industriales donde existan calderas de vapor pueden clasificarse de la siguiente manera:

Según su forma:

- Cilíndricos verticales
- Cilíndricos horizontales
- Rectangulares (raramente usados)

Según su ubicación:

- Sobre el piso
- Subterráneos

El material de construcción de los tanques debe ser siempre de acero y nunca deberá utilizarse hierro galvanizado.

En algunos casos los tanques pueden ser instalados a una altura superior a la que

se encuentran los quemadores de las calderas, y en este caso se los denominará "tanques de gravedad".

El número de tanques y la capacidad de los mismos, 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 las calderas.

Para el caso que estamos estudiando, utilizaremos un tanque cilíndrico horizontal, sobre el piso, con una capacidad de:

159,0 litros / hora x 24 horas x 25 días = 95400 litros

lo que representa 95,408 m³, con lo cual obtenemos un tanque de 6,5 metros de largo y 4,309 metros de diámetro.

CALCULO Y SELECCIÓN DE LA BOMBA DE COMBUSTIBLE

Primeramente calcularemos la potencia necesaria del motor eléctrico que necesitaremos, valiéndonos de la siguiente ecuación:

$$HP = \frac{8,33 \times G \times TDH \times Ge}{33000 \times \eta}$$

donde:

HP= Caballos de potencia requeridos

G = Caudal en galones americanos por minuto

TDH= Cabezal de presión de descarga, en pies de columna de agua

G_e = Gravedad específica

η = eficiencia de la bomba (de 0,50 a 0,80)

Para nuestro caso tenemos los siguientes datos:

$$G = 159 \frac{\text{litros}}{\text{hr}} \times \frac{1 \text{ galon}}{3,785 \text{ lts}} \times \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}} = 0,70 \frac{\text{gal}}{\text{min}}$$

36

8

5

2

1

$$\text{TDH} = 75 \text{ psix} \frac{2,31 \text{ piesH } 20}{1 \text{ Psi}} = 173,25 \text{ pies H}_2\text{O}$$

$$G_e = 0,9$$

$$\eta = 0,75$$

Remplazando estos valores en la fórmula anterior tenemos:

$$HP = \frac{8,33 \times 0,7 \times 173,25 \times 0,9}{33000 \times 0,75}$$

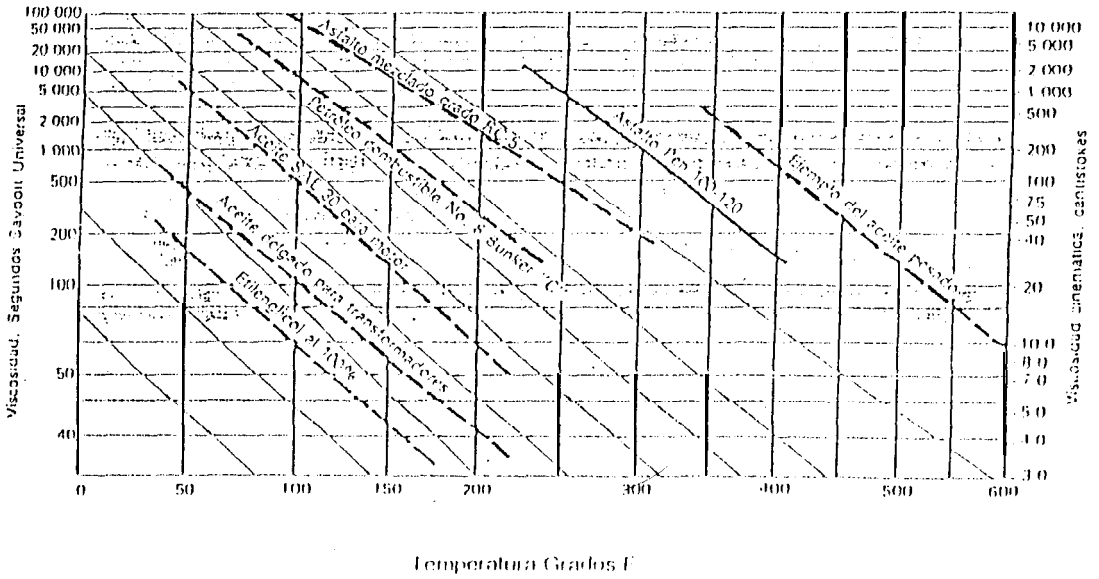
$$HP = 0,037$$

Por lo tanto seleccionaremos un motor de $\frac{1}{4}$ por ser el más próximo al caballaje encontrado.

Para la selección de la bomba es necesario conocer que la temperatura del bunker tiene que ser de 150°F ; a esta temperatura por medio de la figura 4.1

determinamos que la viscosidad del bunker 'es de 1000SSU (SSU : Segundos Saybolt Universal). Para viscosidades arriba de este valor se recomienda el uso de bombas de desplazamiento positivo.

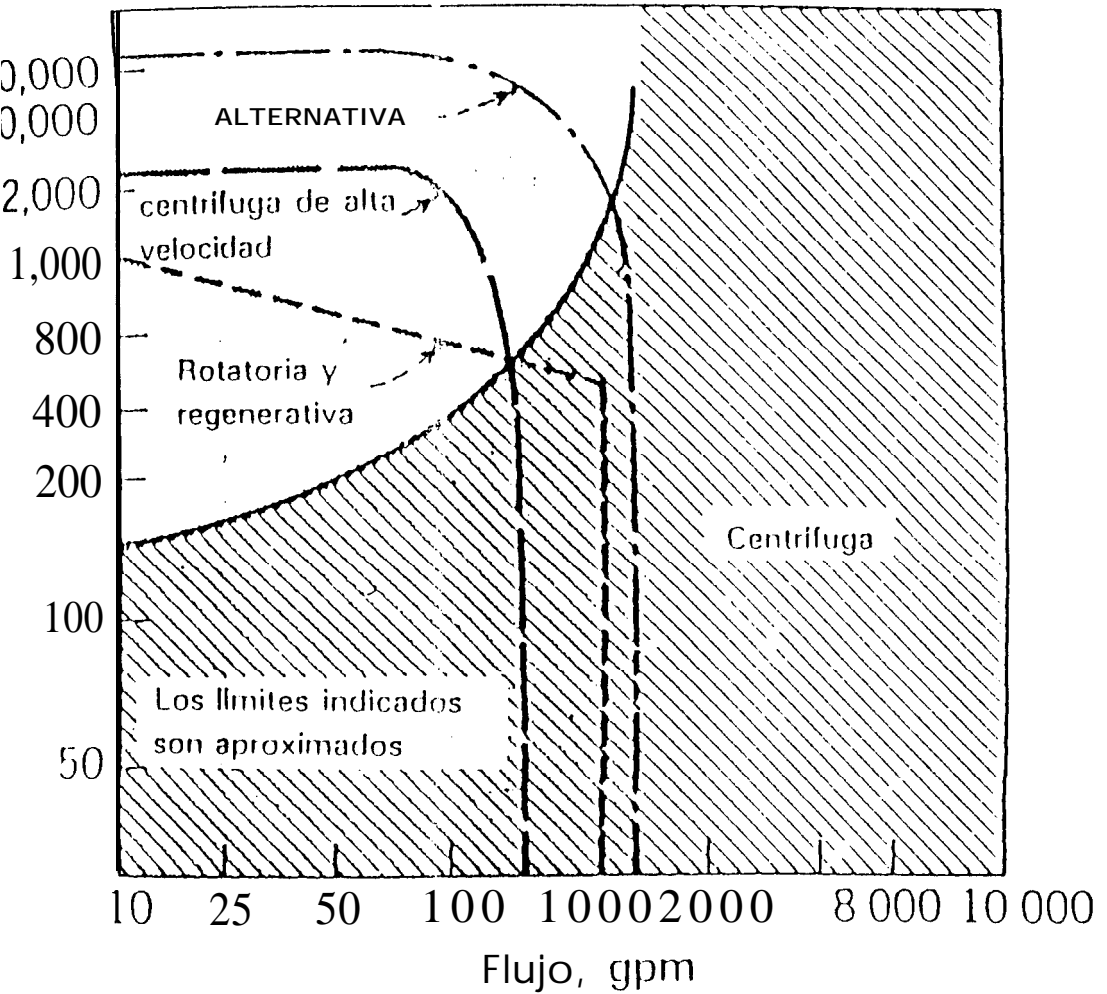
FIGURA 4.1
VISCOSIDAD EN FUNCION DE LA TEMPERATURA



Para seleccionar el tipo de bomba a utilizar, usamos la figura 4.2 Como nuestro flujo será de 0.7 GPM con una carga de 173,25 pies de agua, seleccionaremos una bomba rotatoria y regenerativa.

FIGURA 4.2

SELECCION DE BOMBAS DE ACUERDO AL FLUJO Y PRESION REQUERIDO



Las bombas de desplazamiento positivo presentan las siguientes características:

Ventajas

- Menor costo que las bombas alternativas
- Menor requerimiento de espacio

Muchos modelos pueden ser operados en cualquier dirección.

Muchos modelos son muy sencillos sin válvulas.

Desventajas

El Tolerancias (holguras) bajas.

No recomendables para fluidos con sólidos en suspensión.

Requieren protección por sobrepresión.

• 1 Muchos modelos requieren fluidos viscosos para funcionar satisfactoriamente

Alto costo de mantenimiento.

La marca VIKING PUMP, nos recomienda una bomba de desplazamiento positivo de engranajes internos de las siguientes características:

Modelo :	G432
Cuerpo :	Hierro
Rotor :	Hierro
Eje :	Acero
Sello mecánico :	Buna
Diámetro	1"
Caudal nominal :	5GPM
Velocidad nominal	1200 RPM

En el apéndice B se presenta un catalogo con información técnica necesaria sobre este tipo de bombas.

CAPITULO V

CALCULO DEL SISTEMA DE AGUA DE ALIMENTACION

1. GENERALIDADES SOBRE EL SISTEMA DE AGUA DE ALIMENTACION.

El agua de alimentación de una caldera constituye la materia prima para la producción de vapor; por lo tanto, este elemento debe ser suministrado permanentemente a la caldera a fin de mantener una generación constante de vapor.

Si se consiguiera alimentar una caldera con agua caliente se utilizaría lógicamente menos combustible, pues sería más fácil alcanzar una temperatura de ebullición del agua a la presión de trabajo que estuviere operando la caldera.

El agua de alimentación en todo sistema de generación de vapor está constituida por el condensado o por el agua tratada, o bien por una mezcla de ambos.

La temperatura mínima recomendada para el agua de la caldera es de 170°F(77°C), cuando se usa agua a temperaturas más bajas de 170°F(77°C) se reduce la temperatura de los gases de la combustión hasta el punto en que el vapor de agua se condensa. El efecto de eso es que presenta corrosión en las superficies

de la caldera y en la chimenea.

Este problema de la condensación es más severo en una unidad que opera intermitentemente y que es demasiado grande para la carga verdadera. Esto no es un problema que controle el diseño de las caldera

2 CALCULO DE LA CAPACIDAD DE AGUA DE ALIMENTACION

La capacidad de evaporación de una caldera está dada por la siguiente relación:

Capac. de evap. : 0,069 galones americanos por minuto x caballos caldera

Por lo tanto, para nuestro caso para mantener la evaporación se requerirán:

$$150CC \times 0,069 \text{ GPM/CC} = 10,35 \text{ GPM}$$

La cantidad de agua que se necesita suministrar a la caldera para que esta opere normalmente se la obtiene de la siguiente ecuación:

$$\text{Capacidad de bombeo en GPM} = \frac{0,069 \times CC \times \text{factor de encendido}}{G.e}$$

donde:

CC: caballos caldera

Firing factor : factor de encendido. Tiene los siguientes valores

Bombas de turbina = 1,15 a 2,0

Bombas centrífugas = 1,10 a 1,15

G.E. = Gravedad específica. Para el agua vale 1,0

La bomba que seleccionaremos será del tipo turbina, por lo tanto el factor de encendido lo tomaremos en un valor de 2.

$$\text{Capac. de bombeo (GPM)} = \frac{0,069 \times 150 \times 2,0}{1,0}$$

$$\text{Capac. de bombeo (GPM)} = 20,7$$

5.3 CAPACIDAD Y DIMENSION DEL TANQUE DE AGUA DE ALIMENTACION

La cantidad del vapor que se genera depende directamente de la cantidad de agua que se suministra a la caldera. Se recomienda 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.

Para el caso que estamos estudiando la reserva mínima total será:

$$10,35 \text{ GPM} \times 20 \text{ min} = 207 \text{ Galones.}$$

La Aurora Pump nos proporciona la siguiente tabla, (tabla V) en la cual con la potencia de la caldera podemos determinar la capacidad del tanque de agua de alimentación en galones y sus dimensiones en pulgadas. Además encontraremos la razón de evaporación en galones por minuto, el factor de encendido, la capacidad de la bomba en galones por minuto.

TABLA V

CARACTERISTICAS DEL SISTEMA DE AGUA DE ALIMENTACION

Potencia Caldera CC	Rapidez de evaporac. GPM	Factor de encendido	Capacidad bomba GPM	Capacid. del tanque galones	Tamaño tanque plg.
10	0,70	2	2	30	16x42
15	1,00	2	3	30	16x42
20	1,40	2	3	30	16x42
25	1,70	2	4	30	16x42
30	2,10	2	4	30	16x42
40	2,80	2	6	30	16x42
50	3,50	2	7	60	22x43
60	4,10	2	8	60	22x43
70	4,80	2	10	60	22x43
80	5,50	2	11	100	24x56
90	6,20	2	12	100	24x56
100	6,90	2	14	100	24x56
125	8,60	2	17	100	24x56
150	10,40	2	21	200	30x69
175	12,10	2	24	200	30x69
200	13.80	2	27	200	30x69
225	15,50	2	31	250	36x71
250	17.10	2	34	250	36x71
275	19,00	2	38	250	36x71
300	20.70	2	42	350	42x73
350	24,20	2	48	350	42x73
400	27.60	2	55	350	42x73
450	31,10	2	62	500	42x97
500	34,50	2	69	500	42x97
550	38,00	2	76	750	48x98
600	41,40	2	83	750	48x98

Para el caso que estamos analizando (potencia de la caldera 150 CC), la capacidad del tanque de agua de alimentación será de 200 galones, con las siguientes dimensiones:

diámetro = 30 pulgadas

largo = 69 pulgadas

5.4 CALCULO Y SELECCION DE LAS BOMBAS DE AGUA DE ALIMENTACION

Los tipos de bombas que generalmente se usan para el agua de alimentación de calderas son la tipo turbina y la tipo centrífuga. Por lo general se sabe que las bombas tipo turbina se la utilizan en operaciones intermitentes de calderas, pero puede ser usadas también en operaciones continua en un caso extremo. En el apéndice C se muestran las características de una bomba tipo turbina.

Las bombas tipo centrífuga, son seleccionadas para operación continua, pero también en casos extremos podrían ser usadas en forma intermitente.

Para seleccionar las bombas del sistema de alimentación a calderas, se debe tener en consideración lo siguiente:

- Operación continúa o intermitente
- Temperatura del agua a la succión
- Capacidad
- Presión de descarga
- Carga neta de succión positiva requerida (NPSH= net positive suction head)

Operación continua o intermitente.- La caldera que utilizaremos será de tubos de

fuego, las bombas destinadas para estas calderas operan de forma intermitente, debido a que estas calderas trabajan generalmente con un flotador sobre el cual actúa un switch, este switch hace que el motor que impulsa la bomba pare o arranque entre cierto nivel. En este caso la tubería de descarga de la bomba de alimentación debe dirigirse directamente a la caldera sin restricciones en esta línea

Temperatura del agua a la succión.- La bomba que seleccionaremos de be operar sin ningún problema a la temperatura del agua de alimentación, es decir, 170°F (77°C).

Capacidad.- La capacidad de una bomba de agua de alimentación de calderas significa el caudal que una bomba puede proveer, pero siempre dependiendo también de la presión de descarga y de la carga neta de succión requerida

Presión de descarga.- Como la conexión de la tubería será directamente a la caldera, (sin válvula motorizada), la presión de descarga será igual a la presión de operación de la caldera más las pérdidas a través de la tubería.

La selección de presión de descarga en bombas tipo turbina es menos crítica que en bombas centrífugas; sin embargo, se debe asegurar que la presión de descarga seleccionada sea siempre mayor que la presión de operación de la caldera. Un valor aceptable para la presión de descarga es de 0,35 a 1,76 (5 a 25 lbs/plg²) por encima de la presión de operación. En la tabla VI se dan valores de presión de

descarga aproximados para diferentes capacidades de calderas.

TABLA VI

PRESIONES APROXIMADAS DE DESCARGA DE BOMBAS DE ALIMENTACION

Presión de operación de la caldera (lbs/plg ²)	Presión de descarga bomba de alimentación (lbs/plg ²)
150	187,5
200	250
400	475
800	925
1200	1350

La carga neta de succión positiva (NPSH).- Es la altura total absoluta de succión en cm (o pies) corregida al eje impulsor menos la presión de vapor de líquido en cm (o pies) absolutos. La NPSH se refiere a un análisis de las condiciones de succión de la bomba, para saber si el agua se vaporizará o no en el punto de menor presión de la bomba. Como es conocido, tenemos que mantener el fluido en estado líquido para obtener un buen funcionamiento de la bomba evitando la cavitación que afecta a la presión, capacidad y eficiencia que podría producir incluso perforaciones en las paletas del impulsor (impeller).

La NPSH la calculamos a partir de la siguiente ecuación:

$$NPSH = \frac{144x(P_a - P_v)}{\rho} + h_s - h_{fs}$$

ρ : densidad del agua a la temperatura de bombeo, en lb/pies³ = 60,92 lb/pies³

Pa : Presión en la superficie del líquido en el interior del tanque, en Psi. Como el tanque tiene venteo Pa = presión atmosférica = 14,7 Psi

Pv : Presión del líquido a la temperatura de bombeo, en Psi = 6,09 Psi

hs : Cabezal de succión en pies = 6,43 pies = 1,96 m.

Hfs : Fricción en la succión, en pies y se la calcula de la siguiente manera :

De la tabla VII obtenemos para cada uno de los diferentes accesorios que se utilizarán a la entrada de la bomba, la correspondiente longitud equivalente.









Entrada recta de 2"	4,3 pies
1 Válvula de compuerta.....	1,5 pies
1 Colador.	27,0 pies
1 Unión	0,45 pies
1 Codo 90 °C	8,5 pies
2,95 pies de tubería de 2"	<u>2,95 pies</u>
Total	44,70 pies = 13,62 m

Para tuberías de 2" de diámetro y un caudal de 21 GPM de la tabla VIII tenemos el siguiente factor de fricción en pies por 100 pies de longitud:

$$h_f = \frac{1,48}{100}$$

TABLA VII

LONGITUD EQUIVALENTE PARA DIVERSOS ACCESORIOS

Accesorios		Inch de tuberías																					
		1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	24	
	soldado	acero h.f.	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	
	bridado	acero h.f.	9.0	11.0	13.0	15.0	17.0	19.0	21.0	23.0	25.0	27.0	29.0	31.0	33.0	35.0	37.0	39.0	41.0	43.0	45.0	47.0	49.0
Codo 90°	soldado	acero h.f.	1.1	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	
	bridado	acero h.f.	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0
Codo radio largo 90°	soldado	acero h.f.	1.1	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	
	bridado	acero h.f.	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0
Codo 45°	soldado	acero h.f.	0.7	1.0	1.3	1.6	2.0	2.3	2.7	3.0	3.3	3.6	4.0	4.3	4.7	5.0	5.3	5.7	6.0	6.3	6.7	7.0	
	bridado	acero h.f.	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5
	soldado	acero h.f.	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	
	bridado	acero h.f.	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0
Te	soldado	acero h.f.	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	
	bridado	acero h.f.	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0
	soldado	acero h.f.	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	
	bridado	acero h.f.	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0
Válvula globo	soldado	acero h.f.	2.1	2.2	2.2	2.1	2.9	3.7	4.1	5.1	6.2	7.9	11.0	15.0	19.0	26.0	31.0	39.0	48.0	58.0	69.0	81.0	94.0
	bridado	acero h.f.	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0
Válvula de compuerta	soldado	acero h.f.	1.3	1.5	1.6	1.6	1.1	1.1	1.5	1.1	1.1	2.5	3.1	3.7	4.3	5.0	5.7	6.4	7.1	7.8	8.5	9.2	
	bridado	acero h.f.	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0
Válvula de tulo	soldado	acero h.f.	1.2	1.5	1.5	1.5	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
	bridado	acero h.f.	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	soldado	acero h.f.	1.1	1.1	1.0	n.n.	1.1	1.1	1.5	1.9	2.2	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	
	bridado	acero h.f.	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
Cople o unión	soldado	acero h.f.	1.1	1.0	1.1	1.2	1.2	1.2	1.5	1.7	2.1	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6.0
	bridado	acero h.f.	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
Entrada		acero h.f.	0.4	0.7	1.0	1.3	1.6	2.0	2.3	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.8	5.1	5.4	5.7	6.0	6.3	
		acero h.f.	1.1	1.6	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5	
		acero h.f.	0.8	1.1	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10.0	10.5
Y		acero h.f.	4.6	6.0	7.6	9.2	10.8	12.4	14.0	15.6	17.2	18.8	20.4	22.0	23.6	25.2	26.8	28.4	30.0	31.6	33.2	34.8	

Por lo tanto $h_{fs} = \frac{1,48 \text{ pies}}{100 \text{ pies}} \times 44,70 \text{ pies}$

$$h_{fs} = 0,66 \text{ pies}$$

$$NPSH = \frac{144 \times (14,76,09) + 6'42 - 0'66}{60,92}$$

$$NPSH = 26,11$$

La potencia del motor eléctrico se la calcula a partir de la ecuación:

$$HP = \frac{8,33 \times GPM \times TDH \times Ge}{33000 \times \eta}$$

Donde TDH : altura total dinámica de descarga.

$$TDH = (P_2 - P_1) \times 2,31 + Z_2 + h_{fs} + h_{fd}$$

P_1 = presión de succión = presión atmosférica = 14,7 Psi

P_2 = presión de descarga, en Psi = 187,5 Psi

Z_2 = altura del nivel de abastecimiento de agua en la caldera en pies = 1,64 pies

H_{fs} = pérdidas de succión en pies = 0,66 pies

H_{fd} = pérdidas de descarga.

De la tabla VII obtenemos para cada uno de los diferentes accesorios que se utilizarán a la salida de la bomba, la correspondiente longitud equivalente.

1 Válvula de compuerta 1,5 pies

1 Unión	0,45 pies
2 Codos 90 °C	17,0 pies
9,84 pies de tubería de 2"	9.84 pies

Total	28,79 pies = 8,78 m.

Para tuberías de 2" de diámetro y un caudal de 21 GPM de la tabla VIII tenemos el siguiente factor de fricción en pies por 100 pies de longitud:

$$h_f = \frac{1,48}{100}$$

$$h_{fd} = \frac{148}{100} \times 28,79$$

$$H_{fd} = 0,43 \text{ ft}$$

$$\text{TDH} = (187,5) \times 2,31 + 1,64 + 0,66 + 0,43$$

$$\text{TDH} = 435,86 \text{ pies.}$$

$$\text{HP} = \frac{8,33 \times 21 \times 435,86 \times 1}{33000 \times 0,55}$$

$$\text{HP} = 4,2 \text{ HP}$$

Para garantizar un buen funcionamiento del motor seleccionamos la potencia inmediata superior a la encontrada que es 5 HP.

Para verificar que los cálculos que hemos realizados se ajustan con la realidad en apéndice C se presenta una carta en la cual nos recomiendan el tipo de bomba a

utilizar para las diferentes potencias de los calderos, con sus respectivas presiones de operación.

Así tenemos que para una caldera de 150 caballos caldera, operando a 150 Psi, nos recomiendan el modelo IST-5. El número al final indica la potencia de motor en **HP** (5 HP), las curvas características de esta bomba también se la presenta en el apéndice C.

CAPITULO VI

CALCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE LAS LINEAS DE VAPOR Y CONDENSADO

1 CRITERIOS EN LA SELECCION DE TUBERIAS DE VAPOR

Los **ramales** principales llevan vapor desde la caldera a un lugar a un lugar en el cual están instaladas unidades múltiples que usan vapor. Los **ramales** de vapor toman vapor del ramal principal y lo llevan a la unidad calentada con vapor. Las líneas de retorno de condensado reciben el condensado desde muchas líneas de descarga de trampas y llevan a éste de vuelta a la sala de calderas.

Al momento de dimensionar tuberías de vapor se debe tener presente que:

- Si esta es subdimensionada se provocarán altas caídas de presión y elevadas velocidades que originarán ruido y erosión.
- Cuando una tubería es sobredimensionada tiene un costo innecesariamente alto y sus consecuentes pérdidas de calor.

El aire y la humedad son dos elementos indeseables en el vapor por las siguientes causas:

- a) El aire contenido en el vapor hace disminuir su temperatura
- b) La humedad hace disminuir su valor o poder calorífico

En la actualidad existen programas para computadoras elaborados por las compañías que venden accesorios para vapor. Los programas funcionan en base a los parámetros de operación de la caldera y equipos y nos ayudan a seleccionar de una manera más rápida y eficiente accesorios como:

diámetro de tuberías

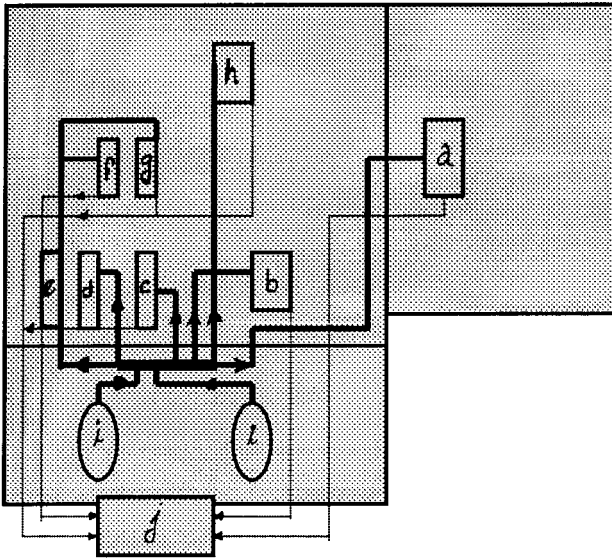
tipos y dimensiones de trampas de vapor

tipos y dimensiones de válvulas, reguladoras, etc.

En este capítulo se explica el manejo de tablas y gráficos recomendados por los fabricantes de accesorios para vapor, ya que el programa muchas veces no puede estar al alcance de una persona.

FIGURA 6.1

DISTRIBUCION DE TUBERIA VAPOR Y DE RETORNO DE CONDENSADO



- a.- Engomadora
- b.- Barca jet
- c.- Turbo stat # 3
- d.- Turbo stat # 2
- e.- Turbo stat # 1
- f.- Turbo flow #1
- g.- Turbo flow # 2
- h.- Plancha

- Vapor ———
- condensado ———
- i.- Calderas
- j.- Piscina de condensado

6.2 FACTORES NECESARIOS PARA DIMENSIONAR TUBERIAS DE VAPOR

En el momento de seleccionar tuberías de vapor hay que tener en consideración lo siguiente:

cambios de dirección.

-El vapor que fluye en una tubería a altas velocidades puede producir ruidos infernales.

6.3 CALCULO DEL DIAMETRO DE LA TUBERIA DE VAPOR

En el dimensionamiento de tuberías de vapor, lo ideal es que no se produzcan caídas de presión elevadas, ni temperaturas elevadas en cada uno de los tramos, así como en la tubería principal.

La metodología que se sigue, basándose en procedimientos por medio de tablas es la siguiente:

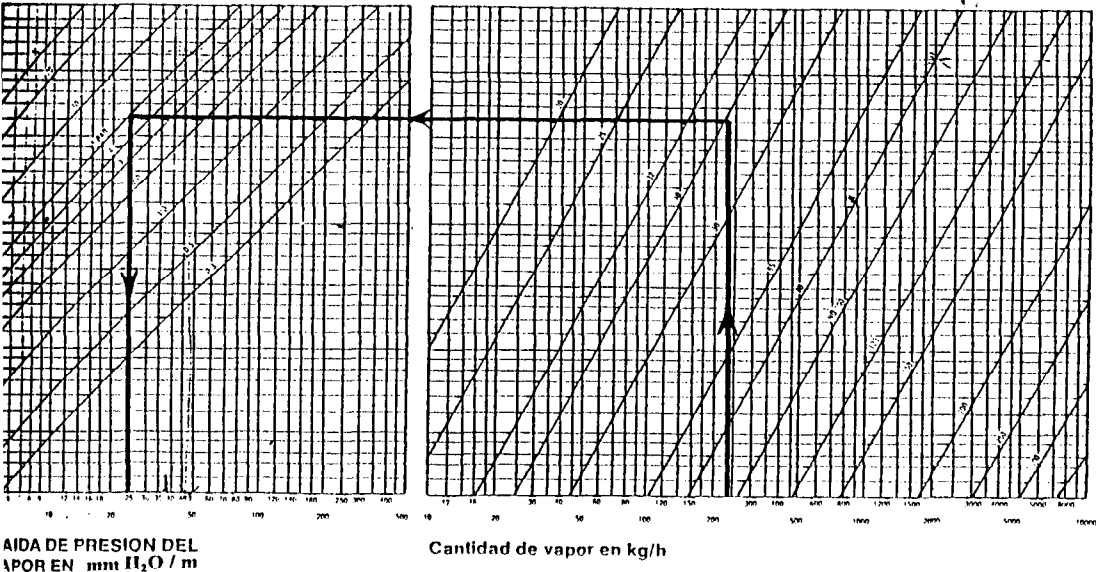
a) Se entra al diagrama 6.2 por la parte inferior izquierda con el caudal en libras por hora que debe circular por la tubería; luego es necesario desplazarse horizontalmente hasta interceptar la línea de presión en Psi que corresponda al caso que estemos analizando.

b) Con el punto de intercepción de estos dos parámetros ascendemos verticalmente hasta interceptar la línea de velocidad recomendada. Las velocidades recomendadas fluctúan entre los 3000 y 10.000 pies/min (15 y 60 m/s). Cuando la tubería no es la principal, se recomienda que la velocidad este en rango de 3000 a 4000 pies / min

- c) Al interceptar la línea de velocidad se deberá leer el tamaño (diámetro) de la tubería que corresponda. En el caso que el punto de lectura que intercalado, se deberá tomar el tamaño o diámetro inmediato superior.
- d) A continuación entramos al diagrama 6.3 para determinar la caída de presión que tendremos. Con el caudal de vapor en Kg/h nos ubicamos en la parte inferior del diagrama, luego ascendemos verticalmente hasta interceptar la línea inclinada correspondiente al tamaño de tubería escogida en milímetros (mm). Después nos desplazamos hacia la izquierda y llegamos a la presión de trabajo correspondiente. A partir de este punto bajamos y leemos la caída de presión en milímetros de columna de agua por 100 metros de tubería, $\text{mm H}_2\text{O/m}$.
- e) Cuando se trata de recorridos bastante rectos es recomendable tomar un 10% más de longitud para incluir en los cálculos las caídas de presión debidas a los accesorios tales como válvulas, codos, etc.

FIGURA 6.3

CAIDAS DE PRESION EN LINEAS DE VAPOR SATURADO

CAIDA DE PRESION DEL
VAPOR EN mm H₂O / m

Cantidad de vapor en kg/h

Cálculo del diámetro de tubería de vapor para los diferentes equiposEngomadora

$$P_{\text{trabajo}} = 2,45 \text{ Bar} = 35,58 \text{ Psi}$$

$$Q = 1.902,467 \text{ lb/h} = 862,8 \text{ Kg/h}$$

$$V = 4920 \text{ pies/ min}$$

$$L = 32 \text{ m} + 10\% = 35.5 \text{ m}$$

Con estos datos entramos a la figura 6.2 y con el procedimiento antes mencionado hallamos que el diámetro de la tubería es de 3 plg. que corresponden a 76,2 mm.

La caída de presión la hallamos de la figura 6.3 y será igual a 22 mm H₂O/m.

$$AP = 22 \text{ mm H}_2\text{O/m} \times 35,5 \text{ m}$$

$$\Delta P = 781 \text{ mm H}_2\text{O} \approx 0,0781 \text{ Bar.}$$

$$2,45 \text{ Bar} - 0,0781 \text{ Bar} = 2,3719 \text{ Bar}$$

Barca Jet

$$P_{\text{trabajo}} = 3,2 \text{ Bar} = 46,4 \text{ Psi}$$

$$Q = 479,69 \text{ lb/h} = 217,55 \text{ Kg/h}$$

$$V = 4.000 \text{ pies/ min}$$

$$L = 9 \text{ m} + 10\% = 9,9 \text{ m}$$

$$d = 2 \text{ plg} = 50,8 \text{ mm}$$

La caída de presión será igual al 0 mm H₂O/m.

$$AP = 10 \text{ mm H}_2\text{O/m} \times 9,9 \text{ m}$$

$$AP = 99 \text{ mm H}_2\text{O} \approx 0,0099 \text{ Bar.}$$

$$3,2 \text{ Bar} - 0,0099 \text{ Bar} = 3,1901 \text{ Bar}$$

Turbo stat # 3

$$P_{\text{trabajo}} = 4,0 \text{ Bar} = 58,05 \text{ Psi}$$

$$Q = 515,78 \text{ lb/h} = 233,91 \text{ Kg/h}$$

$$V = 4.000 \text{ pies/ min}$$

$$L = 6 \text{ m} + 10\% = 6,6 \text{ m}$$

$$d = 1\frac{1}{2} \text{ plg} = 38,1 \text{ mm}$$

La caída de presión será igual al 58 mm H₂O/m.

$$AP = 58 \text{ mm H}_2\text{O/m} \times 6,6 \text{ m}$$

$$AP = 382,8 \text{ mm H}_2\text{O} \approx 0,0383 \text{ Bar.}$$

$$4,0 \text{ Bar} - 0,0383 \text{ Bar} = 3,9617 \text{ Bar}$$

Turbo stat # 2

$$P_{\text{trabajo}} = 3,0 \text{ Bar} = 43,54 \text{ Psi}$$

$$Q = 306,705 \text{ lb/h} = 139,09 \text{ Kg/h}$$

$$V = 4.000 \text{ pies/ min.}$$

$$L = 6 \text{ m} + 10\% = 6,6 \text{ m}$$

$$d = 1\frac{1}{2} \text{ plg} = 38,1 \text{ mm}$$

La caída de presión será igual a 20 mm H₂O/m.

$$AP = 20 \text{ mm H}_2\text{O/m} \times 6,6 \text{ m}$$

$$AP = 132 \text{ mm H}_2\text{O} \approx 0,0132 \text{ Bar.}$$

$$3,0 \text{ Bar} - 0,0132 \text{ Bar} = 2,9868 \text{ Bar}$$

Turbo stat # 1

$$P_{\text{trabajo}} = 3,0 \text{ Bar} = 43,54 \text{ Psi}$$

$$Q = 306,705 \text{ lb/h} = 139,09 \text{ Kg/h}$$

$$V = 4.000 \text{ pies/ min}$$

$$L = 8 \text{ m} + 10\% = 8,8 \text{ m}$$

$$d = 1\frac{1}{2} \text{ plg} = 38,1 \text{ mm}$$

La caída de presión será igual a 20 mm H₂O/m.

$$AP = 20 \text{ mm H}_2\text{O/m} \times 8,8 \text{ m}$$

$$AP = 176 \text{ mm H}_2\text{O} \approx 0,0176 \text{ Bar.}$$

$$3,0 \text{ Bar} - 0,0176 \text{ Bar} = 2,9824 \text{ Bar}$$

Turbo flow #1

$$P_{\text{trabajo}} = 3,0 \text{ Bar} = 43,54 \text{ Psi}$$

$$Q = 895,41 \text{ lb/h} = 406,08 \text{ Kg/h}$$

$$V = 4.000 \text{ pies/ min}$$

$$L = 31 \text{ m} + 10\% = 34,1 \text{ m}$$

$$d = 2^{1/2} \text{ plg} = 63,5 \text{ mm}$$

La caída de presión será igual a 8 mm H₂O/m.

$$\Delta P = 8 \text{ mm H}_2\text{O/m} \times 31,4 \text{ m}$$

$$\Delta P = 272,8 \text{ mm H}_2\text{O} \approx 0,0273 \text{ Bar.}$$

$$3,0 \text{ Bar} - 0,0273 \text{ Bar} = 2,9727 \text{ Bar}$$

Turbo flow #2

$$P_{\text{trabajo}} = 3,0 \text{ Bar} = 43,54 \text{ Psi}$$

$$Q = 895,41 \text{ lb/h} = 406,08 \text{ Kg/h}$$

$$V = 4.000 \text{ pies/ min}$$

$$L = 34 \text{ m} + 10\% = 37,4 \text{ m}$$

$$d = 2^{1/2} \text{ plg} = 63,5 \text{ mm}$$

La caída de presión será igual a 8 mm H₂O/m.

$$\Delta P = 8 \text{ mm H}_2\text{O/m} \times 37,4 \text{ m}$$

$$\Delta P = 299,2 \text{ mm H}_2\text{O} \approx 0,0299 \text{ Bar.}$$

$$3,0 \text{ Bar} - 0,0299 \text{ Bar} = 2,9701 \text{ Bar}$$

Plancha

$$P_{\text{trabajo}} = 3,5 \text{ Bar} = 50,75 \text{ Psi}$$

$$Q = 524,64 \text{ lb/h} = 237,93 \text{ Kg/h}$$

$$= 5.000 \text{ pies/min}$$

$$= 38 \text{ m} + 10\% = 41,8 \text{ m}$$

$$d = 1\frac{1}{4} \text{ plg} = 31,75 \text{ mm}$$

La caída de presión será igual a 75 mm H₂O/m.

$$P = 75 \text{ mm H}_2\text{O/m} \times 41,8 \text{ m}$$

$$\Delta P = 3135 \text{ mm H}_2\text{O} \approx 0,314 \text{ Bar.}$$

$$3,5 \text{ Bar} - 0,314 \text{ Bar} = 3,196 \text{ Bar}$$

Las caídas de presión que se han determinado para cada uno de los diferentes ramos son aceptables, ya que las presiones de trabajo son mucho más grandes. Por lo tanto estas caídas de presión no tienen mayor repercusión en el suministro de vapor.

GENERALIDADES SOBRE EL RETORNO DE CONDENSADO

Cuando se dimensiona tuberías de condensado, hay que tener mucho cuidado con 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.

Esto impide calcular la dimensión de estas tuberías como si se tratara simplemente de tuberías de agua. No obstante, para casos prácticos y como aproximación se describirá un procedimiento sencillo basado en los tres períodos de funcionamiento de una planta de vapor:

- a) **Puesta en marcha.**- En esta operación el aire y el condensado frío son descargados a través de trampas de vapor.
- b) **Pre calentamiento.**- La trampa de vapor descarga gran cantidad de condensado frío debido a que la instalación no llega a la temperatura de régimen
- c) **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.

De acuerdo a la experiencia, se sabe que si diseñamos la tubería de retorno, como si se tratara de una tubería de agua, con el caudal correspondiente a las condiciones de pre calentamiento, será capaz de transportar el condensado y revaporizado de régimen.

1.5 CALCULO DE LA CARGA DE CONDENSADOS

Cargas de condensado solo existirán en los equipos como la engomadora y la plancha, ya que en ellos el vapor no se mezcla con el agua. Para estos equipos la

carga de condensado es igual a la carga de vapor ya que este se transforma 100 % en condensado. Las cargas de condensado que tenemos para estos equipos son:

Engomadora: 1.902,467 lb/h

Plancha : 524,64 lb/h

En los demás equipos no existe cargas de condensado, lo que se produce es una mezcla de condensado con agua. Esta agua puede estar mezclada con colorantes o aditivos según sea el tratamiento dado a la tela.

6.6 CALCULO DEL DIAMETRO DE LA TUBERIA DE RETORNO DE CONDENSADO

Los datos que se necesitan para dimensionar tuberías de retorno de condensado son los siguientes:

- Presión de vapor
- Carga de condensado
- Presión en tubería de retorno
- Velocidad permisible en la tubería de retorno

De los parámetros mencionados hablaremos solo de la velocidad permitida en la tubería, ya este parámetro es nuevo para nosotros.

Cuando el condensado caliente es descargado en una línea de retorno, cierta parte se revaporiza, convirtiéndose en vapor. Por lo regular, el volumen de vapor es mucho mayor que el volumen de agua, y para evitar presiones excesivas y deterioro en las tuberías de retorno, las dimensiones de éstas deben ser hechas de tal forma que el volumen de la mezcla (condensado + revaporizado) circule a una velocidad razonable.

El procedimiento que utilizaremos para dimensionar las tuberías es el siguiente:

- a) Entramos al diagrama 6.4 con el dato de la presión de vapor y nos desplazamos horizontalmente hasta encontrar la presión de retorno, a partir de este punto ascendemos hasta leer en la parte superior del diagrama el factor de escala correspondiente.
- b)
$$\text{Veloc. en pies/min. por cada } 100 \text{ lb/h} = \frac{\text{Velocidad permisible. (pies / min.)} \times 100}{\text{c arg a. de condensado. (lb / h)}}$$
- c) La velocidad obtenida en el literal b se la divide para el factor de escala, para así hallar el valor final de la velocidad en pies/min. por cada 100 lb/h
- d) Con este último dato se debe entrar al diagrama 6.4 para encontrar el punto de intersección que forme con el dato de la presión de vapor. Este punto deberá caer entre las curvas de diámetro de la tubería, debiendo tomarse siempre el valor inmediato superior

Cálculo del diámetro de tubería de condensado para los diferentes equipos

A manera de ejemplo solo presento el cálculo del diámetro de tubería necesario para el condensado de la *engomadora*

$$P_{\text{trabajo}} = 35.58 \text{ Psig}$$

$$P_{\text{retorno}} = 15 \text{ Psig}$$

$$\text{Carga de cond.} = 1902,467 \text{ lb/h}$$

$$\text{Velocidad permisible} = 600 \text{ pies/min.}$$

a) Aplicando el procedimiento descrito, obtenemos un factor de escala de 0,25

$$\begin{aligned} \text{b) Veloc.en pies/min. por cada } 100 \text{ lb/h} &= \frac{600 \times 100}{1902,467} \\ &= 31,53 \frac{\text{pies / min.}}{100 \text{ lb / h}} \end{aligned}$$

$$\text{c) } 31,53 / 0,225 = 140,17 \frac{\text{pies / min.}}{100 \text{ lb / h}}$$

d) Entrando al diagrama 6.4 con este valor de $140,17 \frac{\text{pies / min.}}{100 \text{ lb / h}}$ y con la presión de vapor de $35,58 \text{ lb/plg}^2$, seleccionamos la tubería de $2 \frac{1}{2}$ plg. de diámetro.

En la tabla IX presento un resumen de los diámetros de tubería hallados para los diferentes equipos.

Cabe indicar que en los equipos como barca jet, los turbo stat y los turbo flow no se determinan diámetros de tuberías de condensado por el método descrito anteriormente, sino se coloca tubería para conducir la mezcla (condensado + agua + aditivos) final a la piscina de condensado o a la piscina de aguas residuales según sea el caso. El diámetro de esta tubería depende de la capacidad de la máquina.

TABLA IX

DIAMETROS DE TUBERIAS HALLADOS PARA LOS DIFERENTES EQUIPOS

Equipo	Presión trabajo Psig	Presión retorno Psig	Carga de condensado Lb/b	Velocidad permisi- ble Pies/min	Factor de escala	Diámetro de tubería en pulgadas
Engomadora	35,58	15	1902,467	600	0,225	2 1/2
Plancha	50,75	15	524,64	1100	0,290	1
Barca Jet	46,40	15	-	-	-	4
Turbo stat # 3	58,05	15	-	-	-	4
Turbo stat # 2	43,54	15	-	-	-	3
Turbo stat # 1	43,54	15	-	-	-	3
Turbo flow # 1	43,54	15	-	-	-	4
Turbo flow # 2	43,54	15	-	-	-	4

CAPITULO VII

TRAMPAS DE VAPOR

7.1 APLICACIONES DE TRAMPAS DE VAPOR

En todo proceso con vapor deben haber trampas de vapor. La función de la trampa de vapor es extraer el condensado, aire y CO₂ de la unidad calentada por vapor tan rápido como se acumulen. Además para eficiencia y economía general, la trampa también debe proporcionar:

- 1) Pérdida de vapor mínima, ya que una filtración de vapor no reparada puede ser muy costosa.
- 2) Vida larga y servicio confiable, el desgaste acelerado de las partes, rápidamente llevan a una trampa al punto de desconfianza. Por el contrario una trampa eficiente ahorra dinero disminuyendo sus pruebas, reparaciones, limpiezas y tiempos de para.
- 3) Resistencia a la corrosión, ya que las partes que trabajan de una trampa deben ser resistente a la corrosión para combatir las propiedades dañinas del condensado.
- 4) Venteo del aire. El aire puede estar presente en el vapor en cualquier momento

como también en la partida y debe ventearse para obtener una transferencia calórica eficiente

5) Venteo del CO_2 a la temperatura del vapor. Cuando se ventea el CO_2 y se descarga el condensado a la temperatura del vapor no se puede formar el ácido carbónico corrosivo en los intercambiadores de calor.

6) Operación con contrapresión. Siempre está presente la posibilidad de contrapresión en la línea de retorno. La trampa de vapor debe ser capaz de operar contra la contrapresión real existente en el sistema de retorno.

Entre las diversas aplicaciones de las trampas de vapor en la industria tenemos:

-Donde el vapor calienta directamente materiales sólidos como en : autoclaves, retortas o esterilizadoras.

-Donde el vapor indirectamente calienta un líquido a través de una superficie metálica como en intercambiadores de calor y en marmitas, donde la cantidad de líquido puede ser conocida o desconocida.

-Donde el vapor calienta un sólido a través de una superficie metálica como en secadoras (usando cilindros, cámaras o prensas de platos).

-Donde el vapor caliente indirectamente aire a través de superficies metálicas como por ejemplo: en calentadoras, serpentines y radiadores.

7.2 TIPOS DE TRAMPAS DE VAPOR

En la figura 7.1 se muestra los diferentes tipos de trampas de vapor que existen,

entre las cuales tenemos :

de balde invertido.

de flotador y termostática

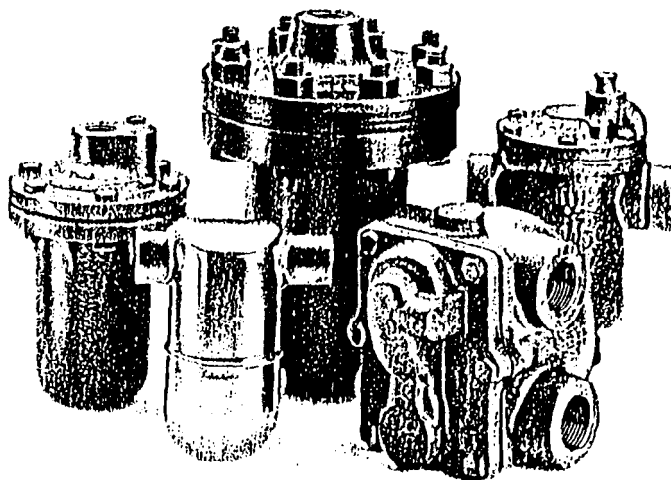
bimetálicas

termostáticas

termodinámicas .

FIGURA 7.1

TIPOS DE TRAMPAS DE VAPOR



Las trampas de vapor que utilizaremos para este proceso, serán de flotador y termostático, porque presentan mejores condiciones de funcionamiento, para este tipo de trabajo.

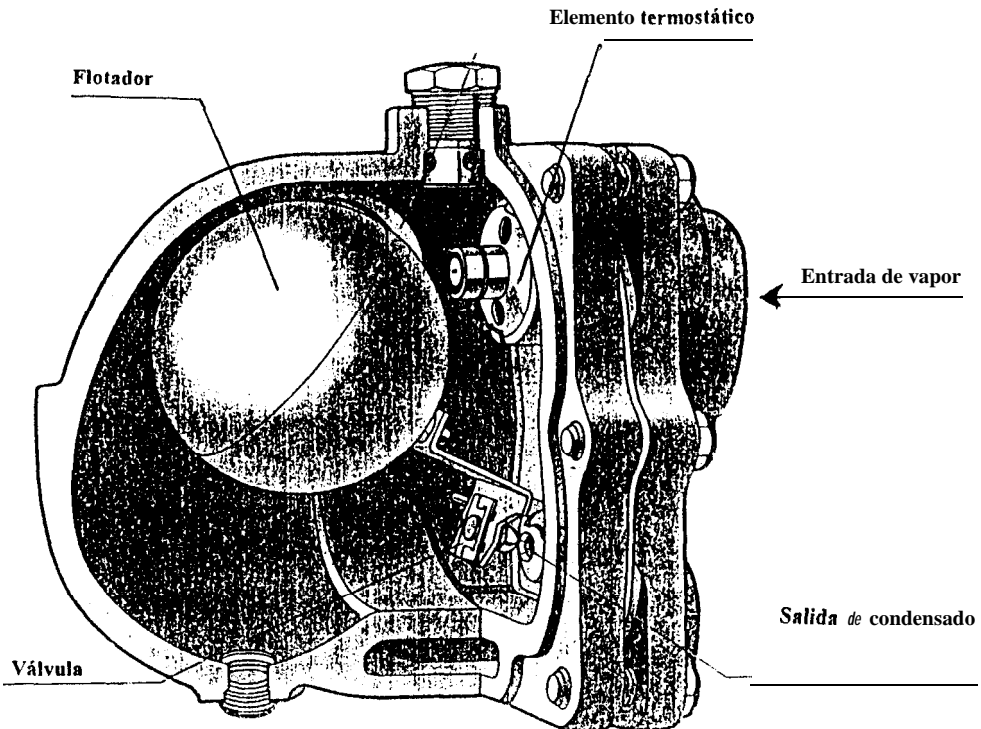
Trampa de flotador y termostática

La trampa de flotador y termostática, se usa más a menudo en aquellas aplicaciones donde el vapor que se drena opera con presión de vapor modulada

Las trampas de vapor de flotador y termostáticas producen drenaje inmediato de condensado e incorporan en su construcción un venteador de aire termostático para ventear no condensables.

FIGURA 7.2

TRAMPA DE FLOTADOR Y TERMOSTATICA



La operación de la trampa es muy sencilla y extremadamente eficiente. Un flotador de bola está conectado por un brazo de palanca a la válvula y asiento y, cuando el condensado llega a cierto nivel en la trampa, el flotador comienza a levantarse. Esto abre el orificio y el condensado se drena hasta que el flotador baja y la válvula descansa en el asiento cerrando bien. El flotador está colocado sobre el orificio de manera que el condensado forme un sello de agua y elimine la pérdida de vapor vivo. Debido a que no hay fluctuaciones de presión debido a la operación intermitente, el condensado se descarga a temperatura constante. En la parte superior de la trampa hay un venteador de aire termostático que descarga todo el aire y los gases no condensables tan pronto como éstos llegan a la trampa permitiendo así un drenado máximo de condensado. Este venteador termostático de aire, actuado por temperatura y abrirá a temperatura de unos pocos grados bajo la de saturación. Por lo tanto, este tipo de trampa manipula una gran cantidad de aire debido a su orificio separado, pero a una temperatura ligeramente reducida.

7.3 CALCULOS, SELECCION DE TRAMPAS DE VAPOR Y FACTORES DE SEGURIDAD.

Para obtener los beneficios totales de las trampas de vapor, es necesario que se seleccione la trampa de tamaño y presión correcta para cada aplicación y que ésta sea instalada y mantenida en forma apropiada.

El trampeo unitario es el uso de una trampa de vapor separada en cada unidad

condensadora de vapor , incluyendo, siempre que sea posible, cada caja de vapor ó serpentín separado de una máquina individual.

A veces es necesario que uno calcule el tamaño de las trampas, pero esto es sencillo cuando se conoce o se puede calcular:

- Cargas de condensado en Kg/h
- El factor de seguridad que debe usarse
- La presión diferencial
- La presión máxima permitida

a) Carga de condensado

La carga de condensado para cada equipo se la analizó en el capítulo anterior.

b) Factor de seguridad

Un factor de seguridad adecuado debe asegurarnos tener una trampa eficiente bajo condiciones severas de operación. Con tiempo extremadamente frío, la temperatura de entrada del aire puede ser menor que la calculada y la mayor demanda de vapor en todas las partes de la planta puede resultar en presiones menores de vapor y presiones mayores en la línea de retorno, todo lo cual disminuye la capacidad de trampa.

Otra de las recomendaciones para un factor de seguridad es que asegure la remoción de aire y los otros no condensables.

En la siguiente tabla, proporcionada por la compañía Armstrong nos recomiendan los factores de seguridad para los diversos tipos de trampas de vapor:

TABLA X

FACTORES DE SEGURIDAD RECOMENDADOS PARA LAS TRAMPAS DE VAPOR

Tipo de trampa	Factor de seguridad
Trampas termostáticas	2 a 4
Trampas de expansión líquida	2 a 4
Trampas de flotador y termostática	1.5 a 2.5
Trampas termodinámicas	1.2 a 2
Trampas de balde	2 a 4

Para el caso en estudio, utilizaremos un factor de seguridad de 2.5.

c) Presión diferencial

Diferencial máxima es la diferencia entre la presión de la caldera ó ramal principal de vapor, ó la salida de una válvula reductora de presión y la presión de la línea de retorno. La trampa debe ser capaz de abrir contra esta presión diferencial.

Diferencial de operación. Cuando la planta se trabaja a capacidad, la presión de vapor en la admisión de la trampa puede ser menor que la del ramal principal de vapor y la presión en el colector de retorno de condensado, puede aumentar por sobre la atmosférica.

Si la diferencial de operación es a lo menos 80% de la diferencial máxima, es

seguro usar esta última para seleccionar las trampas.

d) Presión máxima permitida. La trampa debe ser capaz de resistir la presión máxima permitida del sistema ó presión de diseño. Puede que no opere a esta presión, pero debe resistirla

En el apéndice D presento guía de selección de trampas para diversos procesos que utilizan vapor.

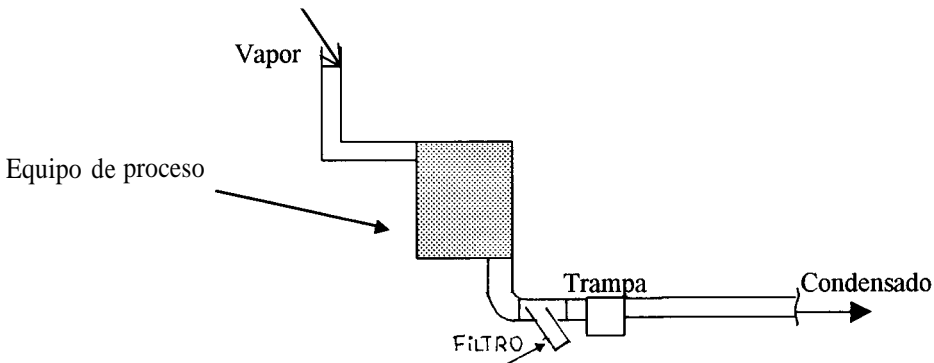
7.4 LOCALIZACION DE LAS TRAMPAS DE VAPOR

Para nuestro caso las trampas de vapor serán colocadas debajo del equipo o de la tubería que se quiere drenar para permitir al condensado fluir con gravedad hacia ella. (figura 7.3). Solo colocaremos trampas de vapor en la engomadora y en la plancha.

FIGURA 7.3

UBICACION DE TRAMPA DE VAPOR

DEBAJO DE UN EQUIPO



-Las trampas que drenan tuberías de retorno elevadas (tuberías ascendentes), se instalan frecuentemente cerca del, piso para facilitar su mantenimiento. Hay que evitar el montaje de tramos horizontales largos antes de la tubería de la trampa. La tubería vertical de bajada (tubería descendente), se recomienda que sea de un diámetro mayor al de Pa trampa.

Además de todas estas recomendaciones hay que tener en cuenta lo siguiente:

-Se debe utilizar una trampa para cada unidad del equipo que emplea vapor.

-Instalar un filtro antes de la trampa de vapor para protegerla contra la suciedad que pueda llevar el condensado.

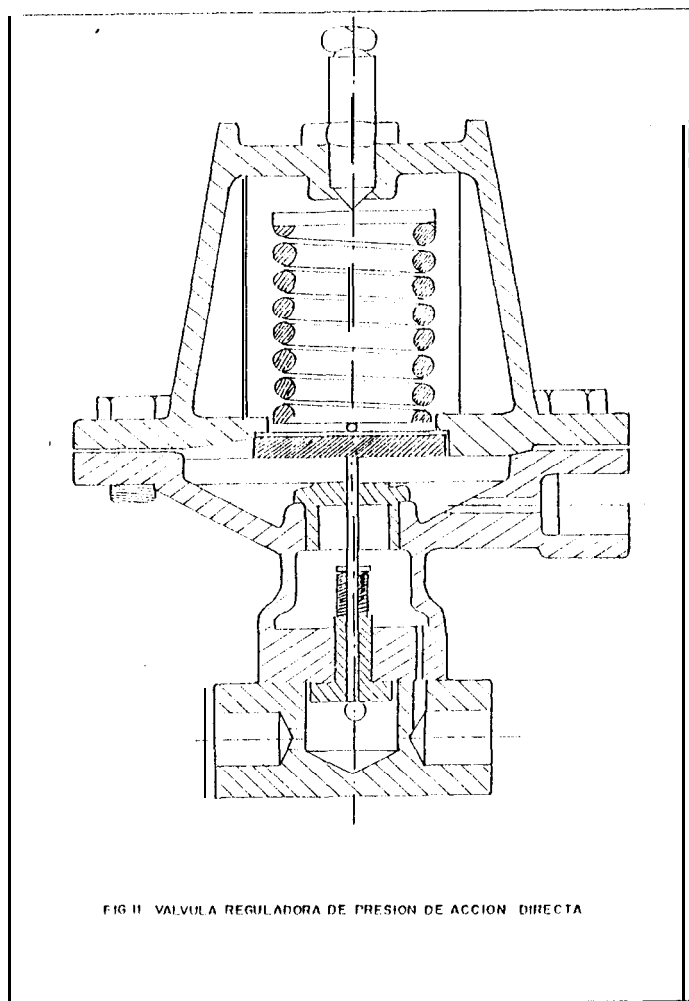
-Las tuberías de posición horizontal deben ser instaladas con una ligera inclinación hacia la trampa a fin de evitar el bloqueo de vapor en la tubería.

1.5 USO DE VALVULAS EN LOS SISTEMAS CON TRAMPAS DE VAPOR

Las válvulas reductoras de presión son utilizadas cuando la demanda es baja y no se requiera un control preciso, operan por la deflexión de un fuelle. La presión actúa en el lado inferior del fuelle, opuesto al resorte, el cual es ajustado para dar la presión requerida. Los rangos de presión igualmente están codificados por colores.

Codificación**Rangos de presión (psig)**

gris	2 a 25
verde	20 a 60
naranja	50 a 125

FIGURA 7.4**VALVULA REGULADORA DE PRESION DE ACCION DIRECTA**

CAPITULO VIII

TRATAMIENTO DEL AGUA DE ALLMENTACION POR MEDIO DE ABLANDADORES

8.11 PROCESO DE ABLANDAMIENTO

Este proceso consiste en eliminar las impurezas conocidas con el nombre de durezas y remplazarlas por otras impurezas que no revisten este carácter. Este tratamiento se lo efectúa por medio de reacciones del tipo químico. Cabe indicar que el ablandamiento químico puede revestir las características de un preablandamiento ó eliminación parcial de la dureza residual.

El dispositivo frecuentemente usado para el ablandamiento de agua de calderas es el intercambiador iónico ciclo sódico, el cual tiene un bajo costo de operación. pero tiene dos desventajas:

- a) No reduce la alcalinidad; y
- b) No reduce los sólidos flotantes (en suspensión)

Estos intercambiadores son usados como zeolitas sintéticas ó numerales silicoso cuyas propiedades son similares a las zeolitas naturales.

Hay que resaltar que los intercambiadores modernos no son zeolitas, ni son de carácter mineral y más bien usan compuestos orgánicos sulfurados, sin embargo, para fines prácticos caen en el concepto de zeolitas.

Su principio de operación se basa en que, cuando una agua dura pasa a través de un lecho de un intercambiador continuo, el magnesio y el calcio se fijan en un intercambiador catiónico, el cual transfiere a la solución una cantidad equivalente de sodio.

8.2 CALCULOS Y SELECCION DE ABLANDADORES

Para seleccionar un ablandador hay que tener conocimientos acerca de los parámetros siguientes, los valores de los mismos han sido estimados de acuerdo a recomendaciones de los fabricantes de calderas.

Dureza total, en ppm	120
Total de sólidos disueltos, en ppm	1500
Ph	8
Tiempo de trabajo, en horas	24
Flujo, en gpm	21

Con estos valores realizamos los cálculos preliminares antes del diseño de un ablandador.

Caudal requerido.

$$\text{Caudal} = 21 \text{ Gal/min} \times 1440 \text{ in/día}$$

$$\text{Caudal} = 30240 \text{ Gal/día}$$

Tipo de resina

Entre los diversos tipos de resinas que podemos utilizar, la compañía Q-VAR recomienda la resina catiónica DOWEX-HCR-S, ya que tiene una alta capacidad de intercambio, gran resistencia física y excelentes propiedades hidráulicas.

Fuga de dureza y dosificación del regenerante.

Para nuestro caso hemos estimado un total de sólidos disueltos de 1000ppm, buscamos en el apéndice E la concentración del regenerante más baja posible a partir de la cual se logren fugas mínimas de dureza.

Dosificación del regenerante : 15 lbs NaCl/pie³ Resina

Fuga de Dureza : 5 ppm como CaCO₃

Capacidad de intercambio requerida (C.I.R.)

$$\text{C.I.R.} = \text{Dureza total} \times \text{caudal} \times \frac{\text{granos}}{17.1 \text{ ppm} \times G} \times \frac{K \text{ granos}}{1000 \text{ granos}}$$

$$\text{C.I.R.} = 120 \text{ ppm} \times 30240 \text{ gal/día} \times \frac{\text{granos}}{17.1 \text{ ppm} \times G} \times \frac{K \text{ granos}}{1000 \text{ granos}}$$

C.I.R. = 212,21 Kgranos/día

Capacidad de operación (C.O.)

$$\text{C.O.} = \text{C.A.} \times \text{C.F.}$$

donde:

C.O. = capacidad de operación

C.A. = Capacidad de ablandamiento de la resina DOWEX HCR-S

F.E. = Factor Equipo, igual a la eficiencia del equipo, la cual es considerada como del 85%

$$\text{C.O.} = 32 \text{ Kgranos /pie}^3 \times 0,85$$

$$\text{C.O.} = 27,2$$

Ciclo de regeneración

Por conveniencia tomaremos ciclos de tres días de 24 horas, 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 del regenerante.

Selección del modelo a utilizar

Para seleccionar el modelo a utilizar necesitamos el flujo de agua, el mismo que es 21 gpm, con este dato la compañía Cleaver Brooks, recomienda el modelo 30-1.

FIGURA 8.1

MODELO DE ABLANDADORA UTILIZAR

Especificaciones para la operación

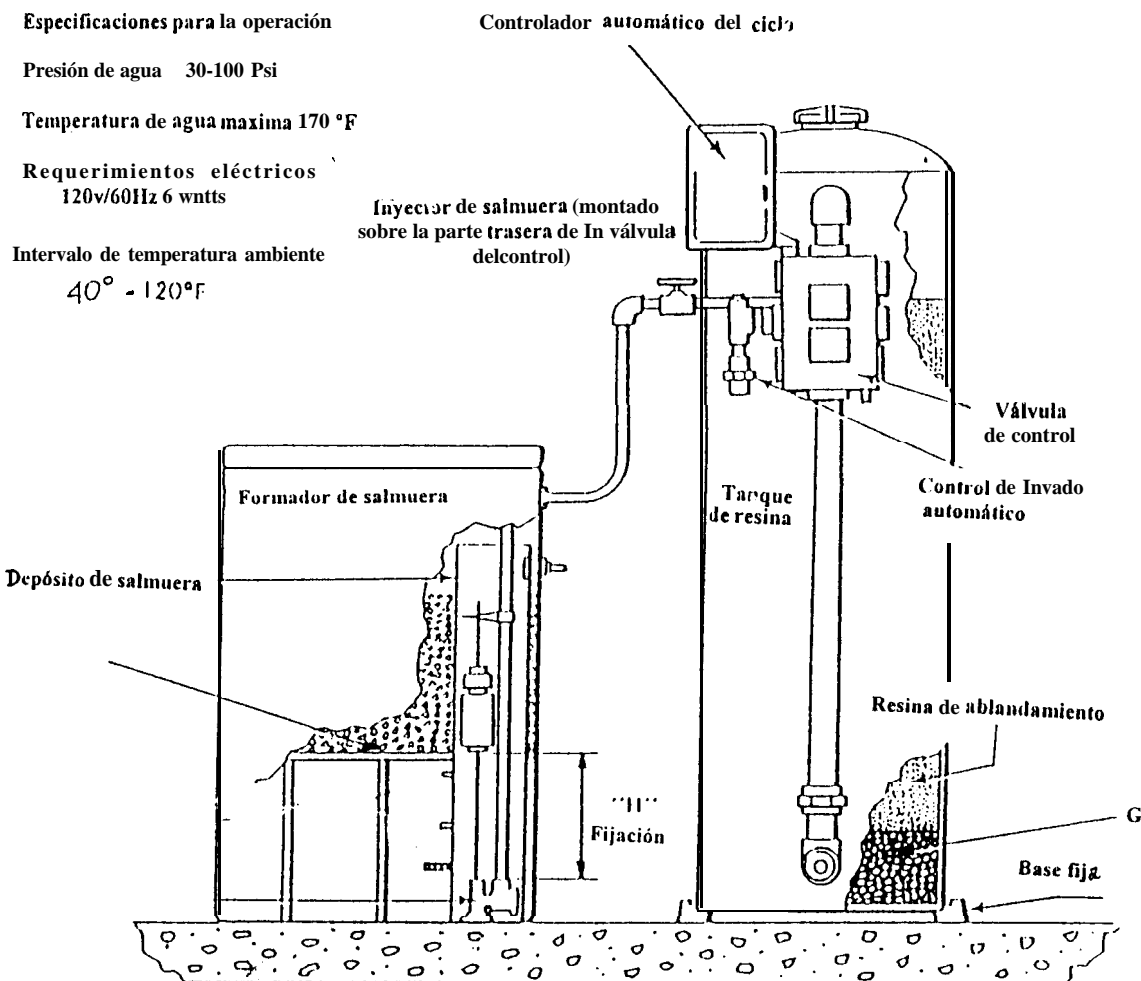
Presión de agua 30-100 Psi

Temperatura de agua máxima 170 °F

Requerimientos eléctricos
120v/60Hz 6 wnts

Intervalo de temperatura ambiente

40° - 120°F



8.3 DISEÑO DEL ABLANDADOR

El diseño de un ablandador se lo hace en base a los siguientes cálculos:

Volumen de resina (V.Rs.)

$$V.Rs = \frac{C.I.R. \times D.R.C.}{61.0}$$

Donde:

V.Rs. = volumen de resina

C.I.R. = Capacidad de intercambio requerida

D.C.R. = Días ciclo de regeneración

C.O. = Capacidad de operación

$$V.Rs = \frac{212,24k \text{ granos} / \text{dia} \cdot x3\text{días}}{27,2. K \text{ grano} / \text{pie}^3}$$

$$V.Rs = 23,41 \text{ pies}^3$$

Cantidad de regenerante por ciclo (C.R.C.)

$$C.R.C. = D.R. \times V.Rs$$

Donde:

C.R.C. = Cantidad de regenerante por ciclo

D.R. = dosificación del regenerante

V.Rs. = Volumen de la resina

$$C.R.C. = 10 \text{ lbs NaCl/pies}^3 \times 23,41 \text{ pies}^3$$

$$C.R.C. = 351,1 \text{ lbs NaCl}$$

Solución del regenerante

Concentración : 20 % de NaCl en agua (se recomienda emplear soluciones entre 10 y 26% de NaCl en agua.

Las cantidades que se dan a continuación son las necesarias para preparar una solución acuosa del 20% de NaCl con la cual se regeneran 23,41 pies” de resina

$$\text{NaCl} \quad 351.1 \quad \text{Lbs} \quad = \quad 159,22 \quad \text{Kg}$$

$$\text{H}_2\text{O} \quad 1404,4. \quad \text{Lbs} \quad = \quad 636,92 \quad \text{Mg}$$

Volumen del tanque de regenerante

Densidad solución acuosa de NaCl al 20 % = 1,2 Kg /L (20 °C)

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

$$\text{Volumen mínimo} = \frac{796,13\text{Kg}}{1,2\text{Kg/L}}$$

$$\text{Volumen mínimo} = 663,45 \text{ L} = 175,28 \text{ G}$$

Tiempo de transferencia del regenerante (T.T.R.)

$$\text{T.T.R.} = 2 \frac{\text{minpie}^3}{\text{lb}} \times \frac{\text{lbsNaCl}}{\text{pie}^3 \text{ de.resina}}$$

$$\text{T.T.R.} = 2 \frac{\text{minpie}^3}{\text{lb}} \times \frac{351,15\text{lbs}}{23,41\text{pie}^3}$$

$$\text{T.T.R.} = 30 \text{ min}$$

Caudal de flujo de regenerante (C.F.R.)

$$\text{C.F.R.} = \text{V.R.} / \text{T.T.R.}$$

Donde:

C.F.R. = Caudal de flujo de regenerante

T.T.R. = Tiempo de transferencia del regenerante

V.R. = Volumen del regenerante

C.F.R. = 175,284G / 30 min.

C.F.R. = 5,84 G.P.M.

Volumen de agua de lavado (V.A.L.)

VA.L. = A.L.R. x V.R.

Donde:

V.A.L. = Volumen de agua de lavado

A.L.R = Agua de lavado requerida (se recomienda entre 20 y 40 G/pie³)

V.Rs. = Volumen resina

V.A.L. = 30 G/pie³ x 23.41 pie³

V.A.L. = 702,3 G

Caudal de flujo de agua de lavado (C.F.A.)

Donde:

C.F.A. = Caudal de flujo

V.A.L. = Volumen de agua de alimentación

R.L. = Rata de lavado (se recomienda 30 min)

C.F.A. = 702.3 G/30 min

$$\text{C.F.A.} = 23,41 \text{ GPM}$$

Volumen mínimo del tanque de la resina (V.M.T.)

$$\text{V.M.T.} = \text{V.Rs} + \text{V.E.}$$

Donde:

$$\text{V.M.T.} = \text{Volumen mínimo del tanque}$$

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

$$\text{V.E.} = \text{Volumen de expansión de la resina (60\% del volumen de la resina)}$$

$$\text{V.M.T.} = 23,41 \text{ pie}^3 \times 1,6$$

$$\text{V.M.T} = 37,22 \text{ pie}^3$$

Dimensiones del tanque de la resina

$$\text{Volumen mínimo del tanque} = 37,22 \text{ pies}^3$$

$$\text{Altura del tanque} = 7,58 \text{ pies (2,31 metros)}$$

$$\text{Diámetro} = 2,5 \text{ pies (0,76 metros)}$$

CAP ITULO IX

DESAIREADORES

9.1 APLICACIONES

Antes de indicar las aplicaciones de los desaireadores, vale indicar que el uso de los mismos no se justifica para calderas pequeñas (10 a 750 CC), por las siguientes razones:

- 1.- El oxígeno contenido en el agua sale a la atmósfera por medio del tubo de venteo
- 2.- El costo de un desaireador es similar al de una caldera pequeña.

Los desaireadores están diseñados para operar con plantas de generación de vapor o donde se requiera agua libre de oxígeno disuelto. El agua que circulará por el caldero usualmente contiene dos gases disueltos que resultaran dañinos para el sistema de alimentación; oxígeno y dióxido de carbono. El propósito del desaireador es remover estos gases antes de que estos sean liberados en el caldero. Este procedimiento reduce la corrosión en el caldero, en las líneas de vapor, en las líneas de condensado, y en los equipos de transferencia de calor.

La condición del equipo es que en el sistema de alimentación de agua debe de

contener menos de 0.005 CC de oxígeno por litro. Esto se denomina “cero contenido de oxígeno” y es el limitante práctico en el equipo de ensayos de corriente química. El dióxido de carbono es eliminado. El agua entregada a la caldera es **precalentada**.

Los desaireadores están diseñados para operar en vapor desde la caldera, a la tubería de escape del vapor o a ambos. Si el vapor de escape es desechado, este puede ser usado en el desaireador y reducir los gastos de combustible de la planta aproximadamente 1% por cada 10 °F de aumento en la temperatura del agua de alimentación de la caldera.

El vapor de escape debe estar libre de aceites u otros contaminantes, ser de suministro continuo a la presión requerida, debe de llevarse a cabo un cuidado para evitar problemas con el equipo desde donde el vapor se extrae.

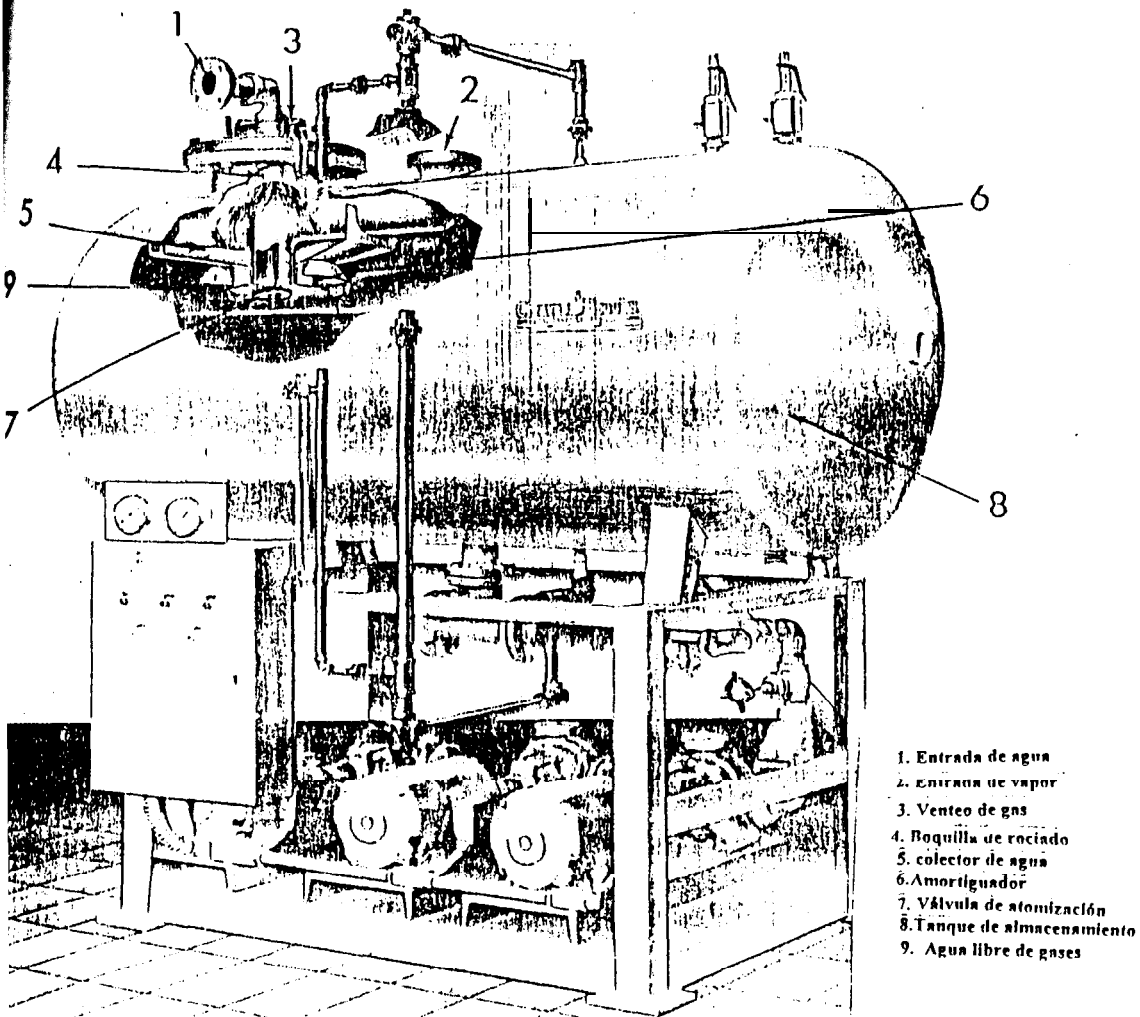
9.2 PRINCIPIO DE OPERACION.

El principio de operación que se describe a continuación es referente a la figura

9.1

FIGURA 9.1

DESAIREADOR CON SUS COMPONENTES



1. Entrada de agua
2. Entrada de vapor
3. Venteo de gas
4. Boquilla de rociado
5. colector de agua
6. Amortiguador
7. Válvula de atomización
8. Tanque de almacenamiento
9. Agua libre de gases

El suministro de agua entra a la conexión (1) y pasa a través de una tobera de rociado (4) el cual dispersa el agua dentro de la cámara de calentamiento principal de llenado de vapor y en la sección de concentración. La temperatura del agua e

elevada de 2" a 3" con respecto a la temperatura de vapor y la mayoría de los gases son liberados. El agua dispersa es recolectada e introducida en el ducto que transporta vapor.

El vapor entra en la parte superior del tanque (2) y se lo transporta hacia una válvula de atomización (7). La válvula, la cual puede ser de resorte o contrabalaceada es forzada a abrirse por la presión de vapor. Como la alta velocidad del vapor golpea la corriente de agua que fluye alrededor de la válvula, el vapor se descompone en una mezcla fina y dispersante que calienta el agua a la temperatura de saturación del vapor. Esta mezcla golpea un obturador deflector (6) el cual separa el agua y el vapor. El agua caliente libre de gases cae al área de almacenamiento del tanque.

El vapor circula hacia el tanque de calentamiento primario y a la cámara de aireación donde calienta la entrada de agua fría. Como el vapor se condensa, este cae dentro del colector de agua (5) y el ciclo continua. El oxígeno y otros gases liberados son descargados a la atmósfera a través del tubo de salida (3).

2.3 DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LA INSTALACION DE UN DESAIREADOR

Para poder entender de una mejor manera la instalación de un desaireador, hay que tener en cuenta lo siguiente:

Perfil del sistema

Para cualquier caso la presión de agua mínima requerida es de 10 a 12 lbs y la presión de vapor recomendada dentro del tanque de almacenamiento del desaireador es de 5 Psig.

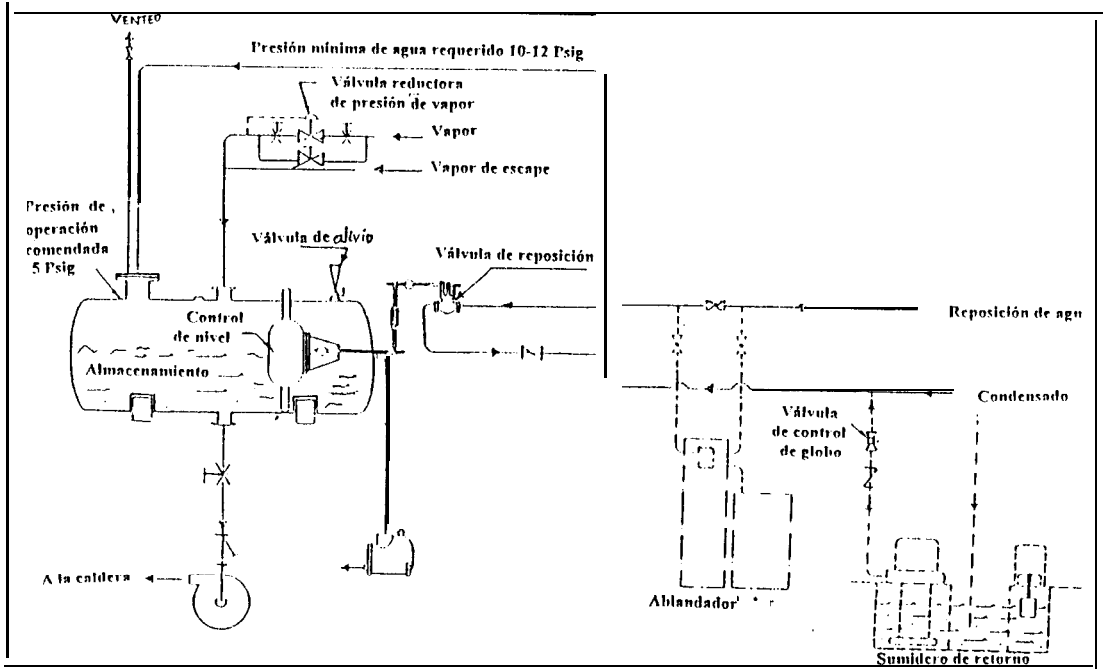
Si el contenido de agua excede de 3 granos de dureza por galón, se recomienda el uso de un ablandador de agua.

Todo suministro de agua que va hacia el desaireador a excepción de la línea de retorno de condensado, debe estar limitada a la capacidad máxima del desaireador, de la fuente de donde proviene la bomba de condensado, de una bomba de transferencia o del suministro de agua de una ciudad.

Esto usualmente se logra por ajuste de la válvula de control en la línea de descarga. Este ajuste es de gran importancia para una operación apropiada.

Bajo condiciones normales la reposición de agua será o estará automáticamente combinada con el condensado para mantener el agua en el tanque de almacenamiento a un nivel apropiado. El agua de reposición entrará al sistema solamente cuando exista retorno de condensado insuficiente.

FIGURA 9.2
INSTALACION DE UN DESAIREADOR



Si el retorno a alta presión (alta temperaturas) es menor que 25 - 30 % de la velocidad de descarga del desaireador, esta puede retornar directamente al tanque de almacenamiento del desaireador. Las trampas en las líneas de retorno de alta presión están definidas para una temperatura mayor que la temperatura de operación normal del desaireador.

Si la línea de retorno de alta presión excede esa cantidad no debería ser introducidos directamente dentro del tanque del desaireador.

9.4 SELECCION DEL MODELO REQUERIDO

Para el caso en estudio no utilizaremos desaireadores, pero se indica en la continuación como guía la forma de seleccionar el modelo requerido

Una vez que se ha determinado la razón de flujo de agua hacia el caldero en libras por hora, y con ayuda de la tabla XI (proporcionada por Cleaver Brooks) seleccionamos el modelo a utilizar

TABLA XI
CARACTERISTICAS DE LOS DESAIREADORES

Modelo No.	Rapidez de flujo lb/hr	Galones de sobreflujo por Cada 10 min. de almacenamiento	Dimensiones del tanque
SM7	7000	160	36" X 6'0"
SM15	15000	300	48" X 8'0"
SM30	30000	600	54" X 10'0"
SM45	45000	900	60" X 11'1"
SM70	70000	1400	66" X 14'10"
SM100	100000	2000	72" X 16'7"
SM140	140000	2800	84" X 15'4"
SM200	200000	4000	96" X 15'9"
SM280	280000	5600	108" X 16'8"

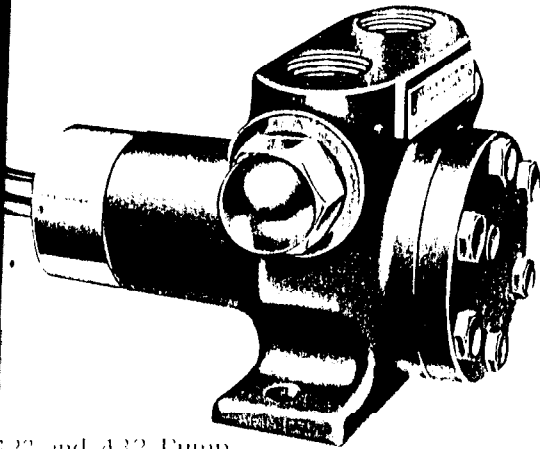
APENDICE A

ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA CALDERAS CLEAVER BROOKS

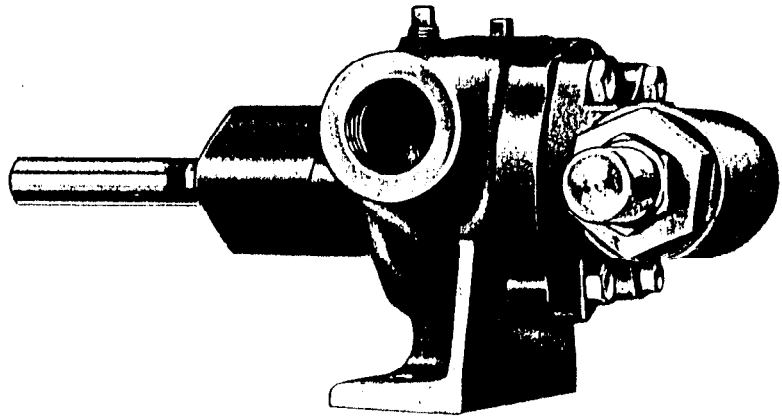
APENDICE B

CARACTERISTICAS DE LA BOMBA DE COMBUSTIBLE SELECCIONADA

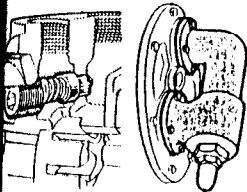
FEATURES



SERIES 432 Pump,
5 GPM Mechanical seal type.
Shown with valve on head.

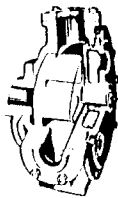


Series 32 and 432 Pump
5 GPM Size Shown. Packed
Mechanical seal type.
Valve on casing.



"F" & "FH" Sizes
"J" through "N" Sizes
SAFETY RELIEF VALVE ON CASING OR HEAD
(Standard Equipment, All Sizes)

The integral safety relief valve on casing or head permits by-passing of liquid from discharge back to suction side of pump. Reverse valve when reversing pump rotation on large pumps. Small pumps with relief valve built with right hand suction as standard. Left hand special.



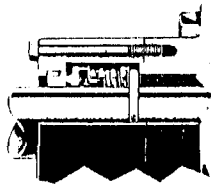
STEAM JACKETED HEAD
(On Request)

Jacketed head or plate permits temperature control of the liquid being pumped. Jacketed plate available on "G" through "LL" size pumps. Jacketed head available on "O" through "N" sizes. Relief valve not available with jacketed head or plate. For complete jacketed pumps, see Section 430.



UPRIGHT, OPPOSITE AND RIGHT ANGLE PORTS
(Standard Equipment)

"C", "E" and "FH" size pumps furnished with upright port casings; "G" size pump with opposite port casing and "I" through "N" size pumps with right angle port casings. Right hand port determined by location of side port when facing pump from shaft end. Left hand casing furnished only on special order.



MECHANICAL SEAL
"G", "H" and "HL" sizes
Illustrated

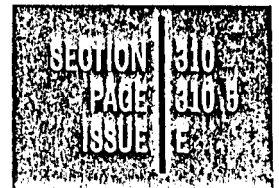
All General Purpose pumps are available with packed stuffing boxes. Mechanical seals are available on "C" through "HL" size pumps as standard. The seal is a rotary type packaged unit that is simple and self-adjusting. It works WITH rather than against pressure.

① Pressure Range	250 PSI for 100 SSIJ and above ("C" through "FH" Size)
	100 P S I for less than 1 0 0 SSU
	100 PSI for 100 SSU and above ("G" through "LL" Size) 50 PSI for less than 100 SSU
① Temperature Range	75 PSI for 100 SSU and above ("Q" through "N" Size)
	50 PSI for less than 100 SSU
① Viscosity Range	-60° F. to +450° F.
① GPM	1.0 cps. to 250,000 SSU

① GPM 1/2 - 1 1/2 - 3 - 5 - 10 - 20 - 35 - 50 - 90 - 140 - 200 - 280 - 450
(Nominal Rating)

Viking General Purpose Series 32 pumps are extremely well suited for light, medium and intermittent service handling a variety of liquids. The smaller sizes "C", "F" and "FH" are constructed for heavier duty service. Mechanical seal equipped General Purpose pump models in sizes from "C" thru "HL" shown in this section are available with Underwriters label for handling fuel oil. Model numbers for these pumps must be designated by a suffix -X. "UL" listed models can be equipped with integral relief valve. The additional sizes of unmounted General Purpose pumps are illustrated on the following page. Also for continuous service and for handling viscous liquids, see Viking's line of heavy-duty pumps, Section 100.

① See following pages or consult factory for specific recommendations on individual models or sizes.
② Nominal capacities based on handling thin liquids.
③ 150 PSI handling fuel oil less than 100 SSU.



UNMOUNTED PUMPS

CONSTRUCTION — 32 and 432 SERIES ("C", "F" and "FH" SIZES)

Casing	Head	Rotor and Shaft	Idler	Idler Pin	Casing Bushing		Internal Relief Valve
					Packed	Mech. Seal	
Iron	Iron	Steel	Steel	Nitralloy	Carbon Graphite	Carbon Graphite	Iron
Iron	Iron	Bronze	Bronze	Steel	Carbon Graphite	Carbon Graphite	Iron
Bronze	Bronze	Bronze	Bronze	Stainless Steel	Carbon Graphite	Carbon Graphite	Bronze

CONSTRUCTION — 32 and 432 SERIES ("G", "H" and "HL" SIZES)

Casing	Head	Rotor	Idler	Rotor Shaft	Idler Pin	Bushings		Internal Relief Valve
						Packed	Mechanical Seal	
Iron	Iron	Iron	③ Iron	Steel	Steel	Bronze	Carbon Graphite	Iron
Iron	Iron	Steel	③ Iron	Steel	Steel	Bronze	Carbon Graphite	Iron
Iron	Iron	(iv) Bronze	Bronze	Stainless Steel	Steel	Bronze	Carbon Graphite	Iron
Bronze	Bronze	(iv) Bronze	Bronze	Stainless Steel	Stainless Steel	Bronze	Carbon Graphite	Bronze

CONSTRUCTION — 32 SERIES ("J" THROUGH "N" SIZES)

Casing	Head	Rotor	Idler	Rotor Shaft	Idler Pin	Bushings	Internal Relief Valve
Iron	Iron	Iron	Iron	Steel	Steel	Bronze	Iron
Iron	Iron	Steel	④ Iron	Steel	Steel	Bronze	Iron
Iron	Iron	(iv) Bronze	Bronze	Stainless Steel	Steel	Bronze	Iron

SPECIFICATIONS — UNMOUNTED PUMPS

Model Number	Port Size	Nominal Pump Rating		Motor HP Required at Rated Speed Pumping 100 SSU Liquid			Maximum Recommended Discharge Pressure PSIG			Maximum Recommended Temperature for Catalogued Pump °F.		Steel Fitted Construction Recommended Above this Viscosity SSU	Maximum Hydraulic Pressure PSIG	Approximate Shipping Weight With Valve Pounds
		GPM	RPM	25 PSI	50 PSI	100 PSI	Less than 100 SSU	Fuel Oil Less than 100 SSU	100 SSU and Up	Packed	Mech. Seal			
C432	1/4	1/2	1800	1/4	1/4	1/4	⑦ 100	⑦ 150	⑩ ⑪ 250	⑩ 300	⑩ 225	750	5	
F432	1/2	1 1/2	1800	1/4	1/4	1/4	⑦ 100	⑦ 150	⑩ ⑪ 250	⑩ 300	⑩ 225	750	6	
FH432	1/2	3	1800	1/4	1/4	1/4	⑦ 100	⑦ 150	⑩ ⑪ 250	⑩ 300	⑩ 225	750	6	
G432	1	5	1200	1/2	1/2	3/4	50		100	300	225	③ 25,000	400	15
H432	1	10	1200	1/2	3/4	1 1/2	50		100	300	225	⑤ 25,000	400	20
HL432	1 1/2	20	1200	3/4	1 1/2	2	50		100	300	225	⑤ 7,500	400	26
	1 1/4	20	420	3/4	1 1/2	3	50		100	300		⑩ 7,500	400	55
	1 1/2	35	420	1	2	5	50		100	300		25,000	400	65
	2	50	420	1 1/2	3	5	50		100	300		7,500	400	70
	2	90	420	3	5	10	50		100	300		25,000	400	120
	② 2 1/2	90	420	3	5	10	50		100	300		25,000	400	125
	③ 3	140	520	5	7 1/2	15	50		100	300		7,500	400	135
	③ 3	200	350	7 1/2	10		50		75	300		7,500	400	335
	④ 4	280	280	10	15		50		75	300		25,000	400	500
	⑤ 5	450	280	15	25		50		75	300		2,500	400	670

Buna N elastomer used in Mechanical Seal of 432 Series pumps. Valve integral with pump casing. Right hand port standard.

"G" Size pump has steel idler.

"H" Size pump has steel idler.

Mechanical Seal pumps not recommended on applications with viscosities above 15,000 SSU.

Ports are suitable for "sc with 125 # ANSI (ASA) cast iron or 150 # ANSI (ASA) steel companion flanges or flanged fittings. All others tapped for standard pipe.

⑦ 50 PSI maximum for bronze fitted pumps.

⑩ 100 PSI maximum for bronze fitted pumps.

⑪ With extra clearance, pumps can be used to 500 PSI on intermittent duty.

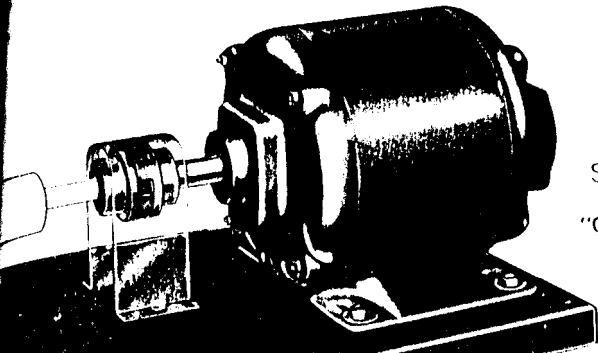
⑫ With special construction, temperature to 500° F. can be handled with seal pumps and to 650° F. with packed pumps.

⑬ Not available in steel fitted construction.

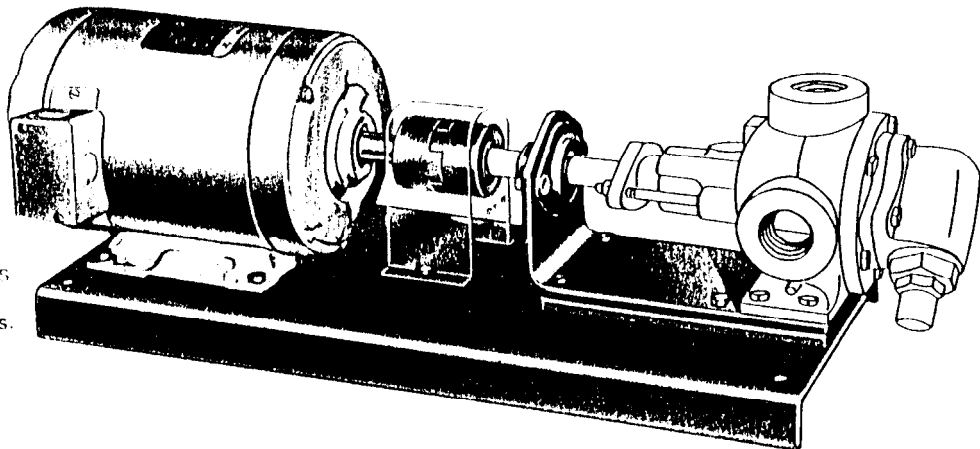
⑭ Mechanical seal has bronze bushing.

⑮ Check factory before using bronze rotors at viscosities normally requiring steel fitted construction.

DIRECT CONNECTED UNITS ("D" DRIVE)



SERIES 33 and 433 Pumps with "D" Drive. "C", "F" and "FH" size pumps.



SERIES 32 and 432 Pumps with "D" Drive. "C", "F" and "FH" size pumps.

A direct drive unit incorporating a "C", "F" or "FH" size pump is direct driven from an 1800 RPM motor. All pumps and motors are connected through the couplings with guards and mount on formed steel bases.

A direct drive unit in "G", "H" or "HL" size include pump mounted on a short bracket base with a sealed, ball type ball bearing supported shaft. The bracket

is mounted pump in turn mounts on a formed steel base and is connected to a 1200 RPM motor through a flexible coupling with guard. This drive arrangement makes a compact, quiet operating unit for all six sizes.

Dimensions for "D" Drive Units—See Pages 310.13 and 310.14.

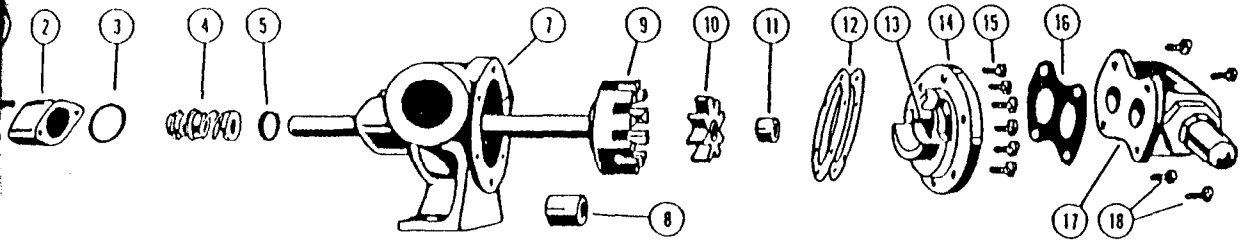
Performance Data for "D" Drive Units—See Pages 310.19 thru 310.30.

APPLICATIONS — "D" DRIVE UNITS

Model Number	Port Size Inches	Nominal Pump Rating		Motor Horsepower Required at Rated Speed Pumping 100 SSU Liquid			Maximum Recommended Discharge Pressure PSIG			Maximum Recommended Temperature for Catalogued Pump °F.		Steel Fitted Construction Recommended Above this Viscosity SSU	Maximum Hydrostatic Pressure PSIG	Approximate Shipping Weight With Valve (Less Power) Pounds
							25 PSI	50 PSI	100 PSI	Packed	Mechanical Seal			
C432D	1/4	1/2	1800	1/4	1/4	1/4	① 100	② 150	③ 250	④ 300	⑤ 225	.....	750	26
F432D	1/2	1 1/2	1800	1/4	1/4	1/4	① 100	② 150	③ 250	④ 300	⑤ 225	.....	750	27
FH432D	1/2	3	1800	1/4	1/4	1/2	① 100	② 150	③ 250	④ 300	⑤ 225	.....	750	29
G432D	1	5	1200	1/2	1/2	1/2	50	.....	100	300	225	① 25,000	400	45
H432D	1	10	1200	1/2	3/4	1 1/2	50	.....	100	300	225	① 25,000	400	70
HL432D	1 1/2	20	1200	3/4	1 1/2	2	50	.....	100	300	225	① 7,500	400	75

Mechanical Seal pumps not recommended on applications with viscosities above 15,000 SSU.
 50 PSIG maximum for bronze fitted pumps.
 100 PSIG maximum for bronze fitted pumps.

① With extra clearance, pumps can be used to 500 PSI on intermittent duty.
 ② With special construction, temperatures to 500° F. can be handled with seal pumps and to 650° F. with packed pumps.



PART NO.	DESCRIPTION	MATERIAL	FOR PRICES SEE SEC. R650
2-150-003-255	Capscrew 1/4" NF 2" Lg. for End Cap (2-Req'd)	Steel — Grade 5	
2-142-001-100	End Cap	Iron	
2-305-006-804-15	Gasket for End Cap	Standard	
2-472-014-999	Mechanical Seal (Complete) (Standard)	Buna-N	
2-472-015-999	Mechanical Seal (Optional)	Viton	
2-472-006-999	Mechanical Seal (Optional)	Tellon	
3-288-200-740	Set Collar with Setscrew	Stainless Steel	
3-180-007-080	Casing and Bushing	Iron & Carbon Graphite	
2-093-005-880	Casing Bushing	Carbon Graphite	
3-564-006-012	Rotor and 10-1/2" Shaft with 3/16" X 1-3/4" Key on End	Iron & Steel	
3-564-006-619		Bronze & Stainless Steel	
3-565-001-420-24		Steel & Steel	
3-417-001-40L-42	Idler and Bushing	Iron & Carbon Graphiteite	
3-417-005-402-42		Steel & Carbon Graphite	
3-417-001-603-42		Bronze & Carbon Graphite	
2-091-003-880-02	Idler Bushing	Carbon Graphite	
3-310-003-999	Head Gasket (Set)	Standard	
2-431-001-291	Idler Pin, Plain	Hardened Steel	
3-365-001-088	Head (Plain) and Plain Idler Pin	Iron & Hardened Steel	
3-366-001-088	Head (Valve Type) and Plain Idler Pin	Iron & Hardened Steel	
2-150-009-255	Capscrew 1/4" NF 3/4" Lg. for Plain Head (6-Req'd)	Steel — Grade 5	
2-153-002-255	Capscrew 1/4" NF 1/2" Lg. Hex Socket HD for Valve Type Head (6-Req'd)	Steel — Grade 5	
2-316-003-806-30	Relief Valve Gasket	Standard	
3-795-200-000	Internal Relief Valve (Complete)	Iron	
2-153-036-255	Hex Socket Head Capscrew 5/16" NC 3/4" Lg. for Valve (4-Req'd)	Steel — Grade 5	

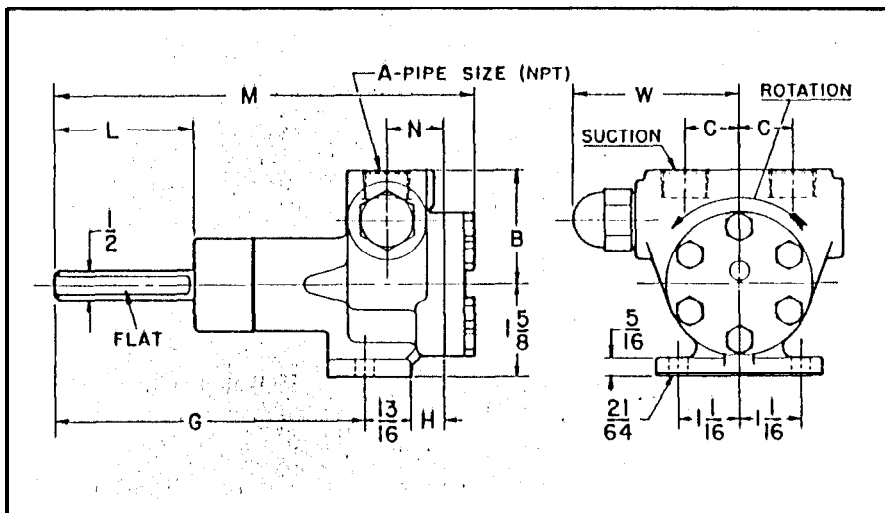
Ordering a rotor and shaft, see instruction on sample order sheet in Section R000 of this repair parts catalog.
Ordering parts, be sure to give PART NO., NAME OF PART, MATERIAL, MODEL & SERIAL NO. of pump as it appears on nameplate

DIMENSIONS

These dimensions are average and not for construction purposes. Certified prints on request.

Specifications, see pages 310.4
and 310.5

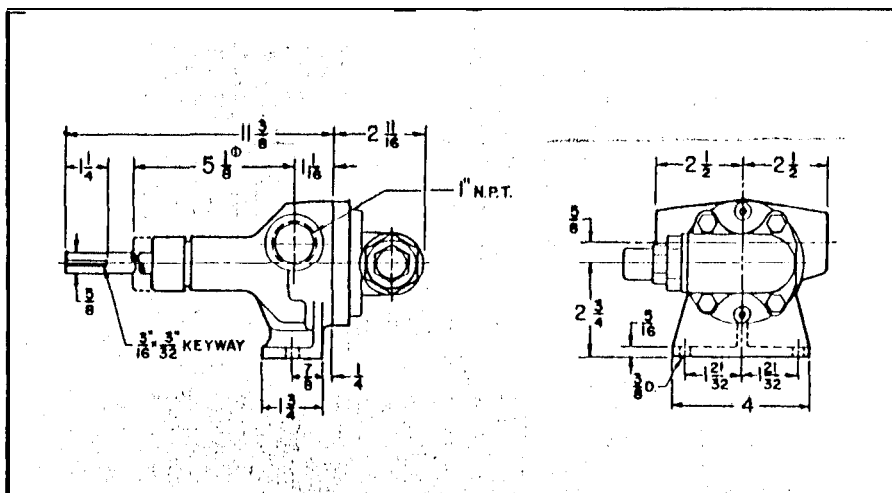
**DIMENSIONS —
AND 432 SERIES
MOUNTED PUMPS
"F"—"FH" SIZE**



MODEL NO.		A	B	C	G	H	L	M	N	W
PACKED SEAL										
c32	c432	1/4	1 11/16	3/4	4 25/32	17/32	2 1/4	6 11/16	7/8	2 9/16
F32	F432	1/2	2	15/16	5	19/32	2	7	1	2 7/8
FH32	FH432	1/2	2	15/16	5 3/8	19/32	2 3/8	7 3/8	1	2 7/8

Specifications, see pages 310.4
and 310.5

**DIMENSIONS —
AND 432 SERIES
MOUNTED PUMPS
"G" SIZE**



MODEL NO.	
PACKED	SEAL
G 32	G 432

Minimum dimension for repacking. Assembled dimension on seal pumps 3 1/16".

APENDICE C

SELECCION Y CARACTERISTICAS DE BOMBAS DE AGUA DE ALIMENTACION

...SELECTION CHART & OPTIONAL EQUIPMENT

Evap-
 Boiler Rate Firing
 HP. GPM Factor GPM

PUMP DISCHARGE PRESSURE P.S.I.									
20	55	80	105	130	160	185	210		
BOILER PRESSURE P.S.I.									
15	50	75	100	125	150	175	200		

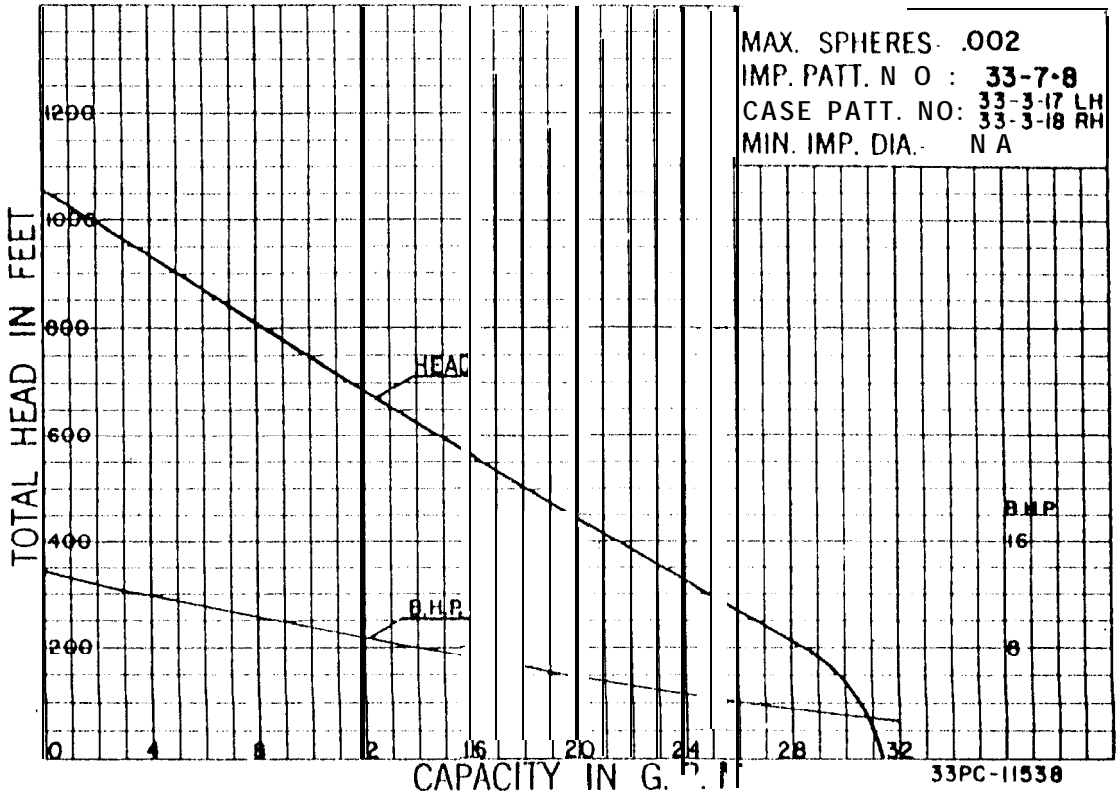
Float
 Valve
 Tan:
 Size
 Gal.

10	0.70	2	2	A35 1/3	E4 3/4	F4-1	D4T-1	E4T-1 1/2	F4T-2	D5T-2	D5T-2	3/4"	30
15	1.00	2	3	A4 1/3	E4 3/4	F4-1	E4T-1 1/2	F4T-2	F4T-2	D5T-2	D5T-2	3/4"	30
20	1.40	2	3	A4 1/3	E4 3/4	F4-1	E4T-1 1/2	F4T-2	F4T-2	D5T-2	D5T-2	3/4"	30
25	1.70	2	4	C4 1/3	E4 3/4	G4-1 1/2	E4T-1 1/2	F4T-2	G4T-3	E5T-3	E5T-3	3/4"	30
30	2.10	2	4	C4 1/3	E4 3/4	G4-1 1/2	E4T-1 1/2	F4T-2	G4T-3	E5T-3	E5T-3	3/4"	30
40	2.80	2	6	D4 1/3	F4 3/4	F4T-1 1/2	F4T-1 1/2	G4T-2	G5-3	G5T-5	G5T-5	3/4"	30
50	3.50	2	7	E4 1/3	F4 3/4	F4T-1 1/2	G4T-2	G4T-2	J5-5	G5T-5	G5T-5	3/4"	60
60	4.10	2	8	E4 1/3	F4 3/4	F4T-1 1/2	G4T-2	H5-3	J5-5	G5T-5	G5T-5	3/4"	60
70	4.80	2	10	F4 1/2	I4-1 1/2	G4T-1 1/2	I4T-3	H5-3	J5-5	G5T-5	G5T-5	3/4"	60
80	5.50	2	11	F4 1/2	I4-1 1/2	G4T-1 1/2	I4T-3	H5-3	J5-5	G5T-5	H5T-5	3/4"	100
90	6.20	2	12	F4 1/2	I4-1 1/2	G4T-1 1/2	I4T-3	H5-3	J5T-5	H5T-5	H5T-5	3/4"	100
100	6.90	2	14	G4 1/2	I4A-2	I4T-2	I4TA-3	I5-5	H5T-5	H5T-5	H5T-5	3/4"	100
125	8.60	2	17	H4 3/4	I4A-2	I4T-2	I4TA-3	I5-5	I5T-5	I5T-7 1/2	I5T-7 1/2	3/4"	100
150	10.40	2	21	I4 3/4	P4-3	I4TA-3	I5-5	K5-5	I5T-5	D6T-7 1/2	D6T-7 1/2	1"	200
175	12.10	2	24	I4A-1	R4-3	I5-3	K5-5	L5-7 1/2	I5T-5	E6T-15	E6T-15	1"	200
200	13.80	2	27	I4A-1	R4-3	I5-3	K5-5	L5-7 1/2	D6T-7 1/2	E6T-15	E6T-15	1"	200
225	15.50	2	31	I4A-1	R4-3	K5-5	L5-7 1/2	L5-7 1/2	E6T-10	E6T-15	G6T-20	1"	250
250	17.10	2	34	M4-1 1/2	K5-3	K5-5	L5-7 1/2	E6T-10	E6T-10	F6T-15	G6T-20	1"	250
275	19.00	2	38	M4-1 1/2	K5-3	L5-5	L5-7 1/2	E6T-10	F6T-15	G6T-15	G6T-20	1"	250
300	20.70	2	42	P4-1 1/2	L5-5	L5-5	E6T-10	F6T-10	G6T-15	G6T-15	1 1/2S-3AD-20	1"	350
350	24.20	2	48	P4-1 1/2	L5-5	P5-7	F6T-10	G6T-15	G6T-15	1 1/2S-3AD-15	1 1/2S-3AD-20	1"	350
400	27.60	2	55	R4-2	L5-5	H6-10	G6T-10	G6T-15	H6T-15	1 1/2S-3AD-20	1 1/2S-3AD-20	1"	350
450	31.10	2	62	L5-2	P5-7 1/2	H6-10	G6T-10	H6T-15	J6T-20	1 1/2S-3AD-20	1 1/2S-3AD-20	1 1/2"	500
500	34.50	2	69	M5-2	P5-7 1/2	J6-10	H6T-10	H6T-15	J6T-20	TOTAL DYNAMIC HEAD IN FEET 3500 R.P.M. ps.i			
550	38.00	2	76	N5-3	P5-7 1/2	J6-10	H6T-10	H6T-15	J6T-20				
600	41.40	2	83	N5-3	P5-7 1/2	K6-10	H6T-10	J6T-20	K6T-25	CAPACITY IN GALONS PER MIN			
650	44.80	2	90	N5-3	J6-7 1/2	K6-10	J6T-15	J6T-20	K6T-25				
700	48.30	2	97	P5-3	J6-7 1/2	K6-10	J6T-15	K6T-20	K6T-25				

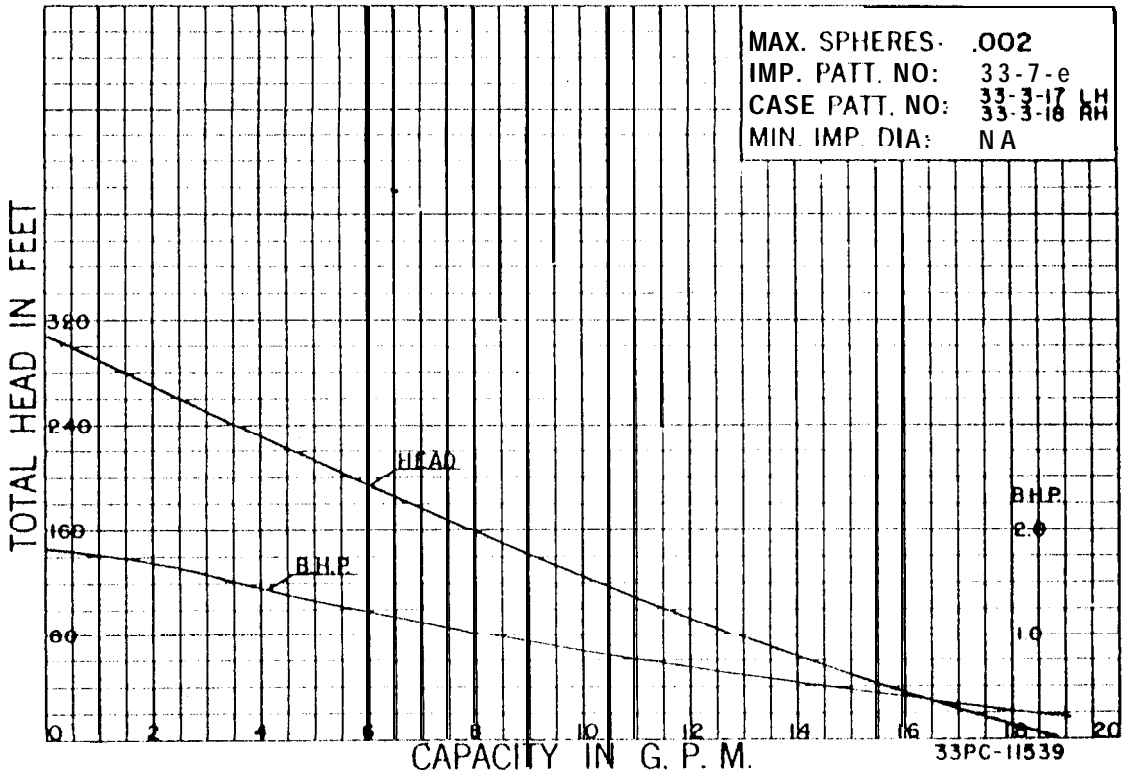
CAPACITY IN GALONS PER MIN	Capacity in GPM	50	100	150	200	250	300	350	400	450
	2 1/2	B4	B4	B4	B4	B4	A35	A35	A4	A4
	4 2/3	B4	1/2	1/2	3/4	3/4	1	1	1 1/2	1 1/2
		B4	B4	A35	A35	A4	1	C4	C4	C4
		1/3	1/2	1/2	3/4	1	1	1 1/2	2	2
	6 4/5	B4	A35	A4	A4	C4	C4	C4	D4	D4
		1/3	1/2	3/4	3/4	1 1/2	1/2	2	3	
	8 2/3	A4	A4	C4	C4	C4	D4	D4		
		1/2	1/2	1	1 1/2	1 1/2	2	3		
	10 7/8	C4	C4	C4	D4	D4				
	3/4	1	1	1 1/2	2					
12	C4	D4	D4							
	3/4	1 1/2	1 1/2							

MODEL 10 5
 1 1/2" x 2"
3500 R.P.M.

SECTION **130** PAGE 413
 DATED **NOVEMBER 1963**



1750 R.P.M.



APENDICE D

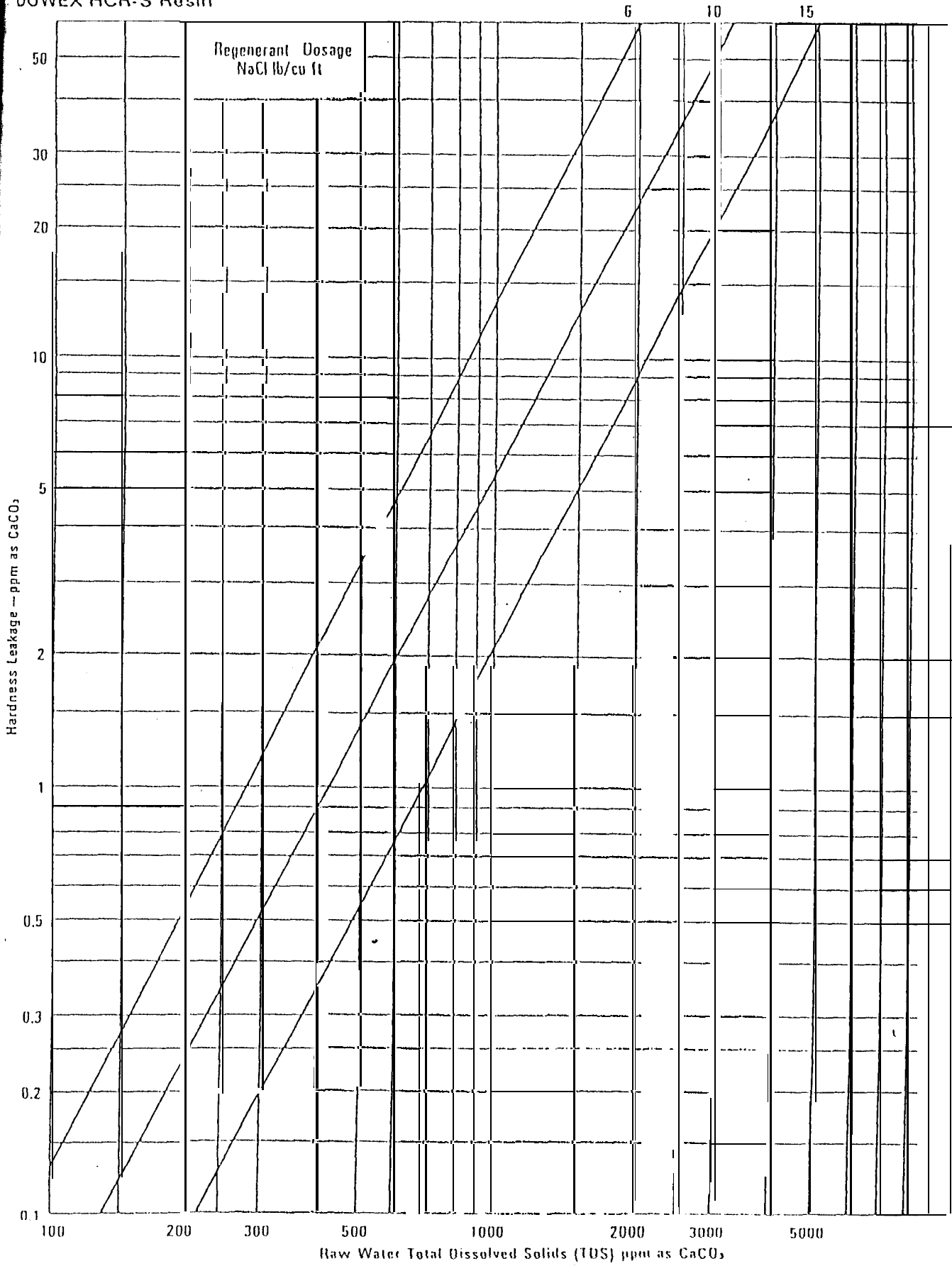
GUIA DE SELECCION DE TRAMPAS

GUIA DE SELECCION DE TRAMPAS

APLICACION	PRIMERA OPCION	SEGUNDA OPCION
Serpentines de calefacción de aire Baja y media presión Alta presión	Flotador y termostática Termodinámica	Termodinámica
Calentadores de agua Instantáneos Almacenamiento	Flotador y termostática Flotador y termostática	- -
Intercambiadores de calor Pequeños- alta presión Grandes - baja presión Recalentadores	Termodinámica Flotador y termostática Flotador y termostática	Flotador y termostática
Recipientes con camisas de vapor Alta presión Baja presión	Termodinámica Flotador y termostática	Flotador y termostática Termodinámica
Trampas para drenar líneas principales de vapor 0- 15 PSIG 16-125 PSIG 126-600 PSIG	Flotador y termostática Termodinámica Termodinámica	Flotador y termostática Balde invertido
Serpentines de tuberías de vapor (calefacción de aire)	Termostática de presión equilibrada	Termodinámica
Serpentines de tanques de almacenamiento	Expansión líquida	Termodinámica
Serpentines sumergidos de calefacción Baja presión Baja y media presión	Termodinámica Flotador y termostática	Balde invertido Termos. de presión equilibrada.

APENDICE E

PROPIEDADES DE LA RESINA DOWEX HCR-S



ION EXCHANGE CYCLE OPERATION.

Regenerant Level Dependent on leakage and capacity desired (see Figs. 2 and 3)

Regenerant Concentration 10-26% NaCl

Regenerant Transfer Time 2 min./lb. NaCl/cu. ft.

Regenerant Requirement 20-40 gal./cu. ft.

Regenerant Displacement Rate Adjusted to insure 30 minute contact with NaCl

Final Rinse Rate Equal to service rate

ACID CATION EXCHANGE CYCLE OPERATION.

Regenerant Level Dependent on leakage and capacity desired (see Figs. 4 and 5)

Regenerant Concentration 4-10% HCl
2-4% H₂SO₄

Regenerant Flow Rate 0.5-2.0 gpm/cu. ft.

Regenerant Requirement 40-100 gal./cu. ft.

Regenerant Displacement Rate Equal to regenerant rate

Final Rinse Rate Equal to service rate

FIGURE 1 — Expansion Characteristics of DOWEX HCR-S Resin

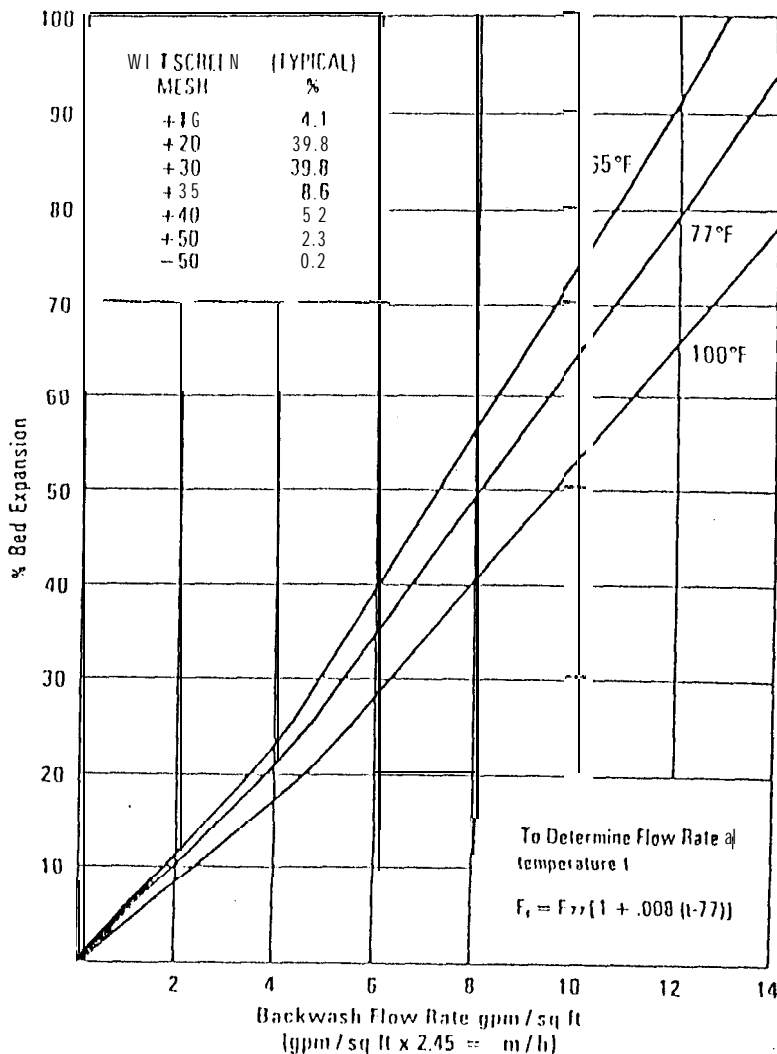
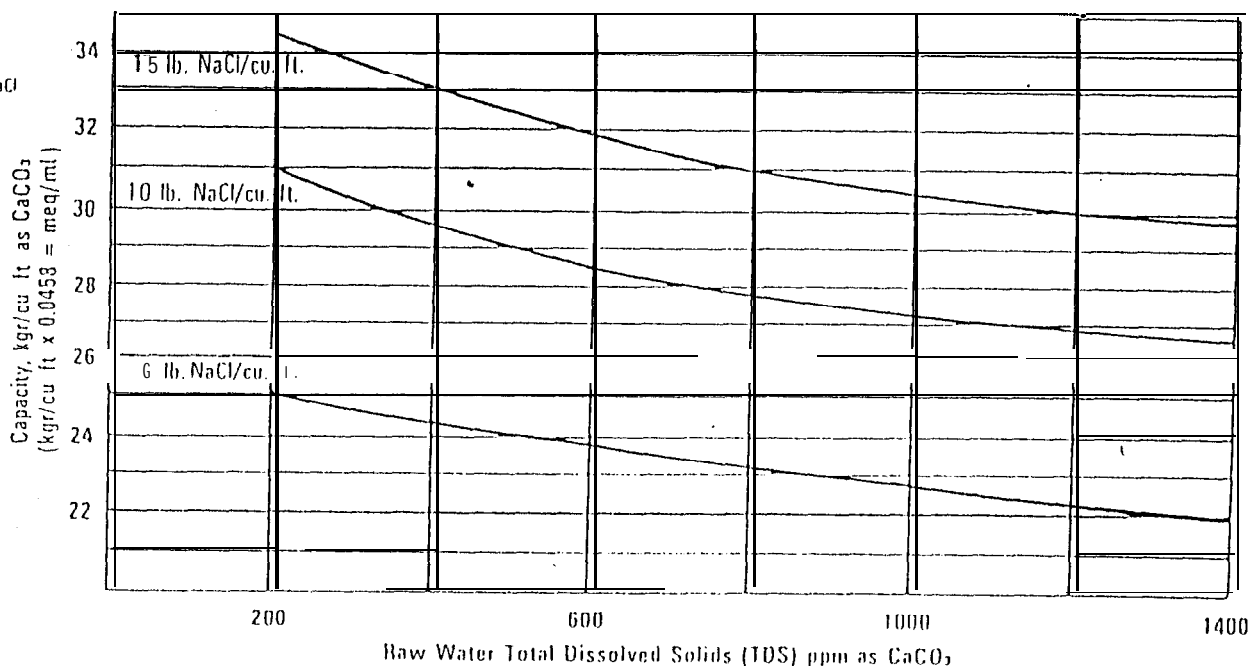


FIGURE 2 — Softening Capacity of DOWEX HCR-S Resin



BIBLIOGRAFIA

1. Alfaomega. Tablas de vapor. U.S.A. 1970
2. Armstrong. Trampas de vapor. Catálogo técnico # 108-B U.S.A. 1994
3. Aurora Pump. Catálogo de selección de bombas. U.S.A. 1993
4. Cleaver Brooks. Manual de operación y mantenimiento de 125 a 300 CC, catálogo # 750-103, Milwaukee, Wis. 1980.
5. Pitts, Donald R.& Sisson Leighton E. Transferencia de calor. Editorial Mc Graw-Hill. Estados Unidos de Norteamérica. 1977.
6. Q-VAR. Tratamientos de agua para calderas. Seminario técnico. Guayaquil-Ecuador. 1996
7. Sarco. Diseño de tuberías para sistemas de vapor. U.S.A. 1990.
8. Vargas Zúñiga Angel, Ing. Calderas industriales y marinas. Editorial series VZ, Guayaquil, Ecuador 1984.

9. Vargas Zúñiga Angel, Ing. Mantenimiento de calderas industriales y marinas.

Editorial series VZ, Guayaquil, Ecuador 1994.

CONCLUSIONES

1. En esta tesis se ha determinado que para una industria textil de mediana capacidad se necesita una caldera de 150 caballos caldera.
2. Una de las maneras para obtener una operación de las calderas más económica es utilizando bunker como combustible.
3. Para los equipos que utilizan vapor en el proceso el tipo de trampas recomendado son las del tipo flotador y termostática por tener un método de operación continuo, y una buena resistencia al desgaste y a la corrosión
4. Los valores hallados para las potencias de los motores eléctricos , para las bombas (de combustible y agua de alimentación) están dentro del rango que los fabricantes de bombas aconsejan para este tipo de trabajo.
5. No se justifica el uso de desaireadores para calderas pequeñas, ya que en ellas el oxígeno contenido en el agua de alimentación es liberado a la atmósfera por el venteo. Para calderas de gran potencia (mayor a 1000 CC) en que se necesita forzar la salida del oxígeno se justifica el uso de desaireadores.

RECOMENDACIONES

1. La temperatura del combustible de la caldera debe mantenerse siempre en niveles adecuados (alrededor de 70 °C) para evitar problemas como mala combustión y derrame de combustible dentro del hogar, los cuales pueden causar problemas de explosión de la caldera.
2. Seguir las recomendaciones para el control del agua de alimentación para no tener problemas de incrustaciones serios.
3. Revisar periódicamente las trampas de vapor, para poder detectar lo antes posible cuando trampa presenta fallas como: descarga de vapor, no descarga condensado, temperaturas muy elevadas.