

870117

2
2ej

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA



FALLA DE ORIGEN

“AMPLIACION DE LA CAPACIDAD DE GENERACION DE VAPOR
EN UNA PLANTA INDUSTRIAL”

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

SALVADOR LEONARDO DIAZ CHAGOLLAN

GUADALAJARA, JALISCO. 1995



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INTRODUCCION

El proceso de generación de vapor de agua está ampliamente difundido en la industria, ya que este fluido tiene la disponibilidad y los atributos termodinámicos suficientes para ser usado como medio de transmisión de calor y de generación de energía. El vapor lo encontramos en casi toda la industria de transformación, en la alimenticia y la farmacéutica, siendo también indispensable en hoteles y hospitales.

Esta tesis tiene como objetivo ser una guía para la selección e instalación de una caldera, y sus equipos auxiliares, así como de tuberías y accesorios para manejo de fluidos. Se incluye también la distribución de equipos y tuberías, así como la selección de materiales.

Sin embargo, no entraremos en los detalles de diseño de cada uno de los equipos, ya que sólo revisaremos las especificaciones de fabricación más importantes que nos sean de ayuda para la adecuada selección de los mismos.

Es obvio que para llevar a cabo un proyecto de esta naturaleza se requiere un extenso y coordinado trabajo de Ingeniería Civil, Mecánica, Eléctrica, pero el alcance de este trabajo abarcará solamente el aspecto mecánico, haciendo referencia a las otras áreas cuando sea necesario para la comprensión de un determinado punto, ya que de otra forma, este trabajo se volvería extremadamente largo y complejo.

El enfoque de esta tesis será de gran utilidad para los ingenieros mecánicos que trabajan dentro de compañías constructoras y de asesoría, o en los departamentos de ingeniería de diseño y proyectos en plantas industriales.

El caso que nos ocupa corresponde a una planta productora de fibras sintéticas, que para aumentar su capacidad de producción instalará maquinaria nueva, incrementando la demanda de servicios entre ellos el vapor.

En este tipo de industria el vapor se usa en forma intensiva en diversas etapas del proceso, como destilación de solventes, refrigeración por absorción, secado de polímero, secado de fibra, vacío en autoclaves y en servicios auxiliares como cocina y agua caliente en baños.

En estas plantas industriales se tienen perfectamente controlados los factores de consumo de materias primas y servicios referidos a una unidad de producto terminado, lo que nos ayudará a determinar

capacidades de los nuevos equipos.

Es importante recordar que por tratarse de una ampliación, existen algunas condiciones de operación o especificaciones determinadas ya hace algunos años cuando se construyó la planta, a las cuales se ajustarán los nuevos proyectos por ser así más económico, por ejemplo, el tipo de vapor, el agua y su tratamiento el espacio asignado para las ampliaciones, por mencionar algunos.

Para facilitar la comprensión de las fórmulas usadas en este trabajo, estamos incluyendo un listado de las abreviaciones usadas. El sistema de unidades principal será el métrico, usando como referencia el sistema inglés, ya que la mayoría de las tuberías y accesorios se comercializan en pulgadas.

ESTRUCTURA

La organización de los capítulos de esta tesis se basa en el desarrollo que regularmente tienen los proyectos para ampliaciones industriales, por lo que la justificación de la estructura es la siguiente:

Capítulo I, Condiciones de operación de los equipos:

Para comenzar una ampliación de este tipo primero se deben de recopilar las referencias para el proyecto, es decir, las condiciones preexistentes en la fábrica que en muchas ocasiones es conveniente preservar por motivos económicos y de uniformidad, como como tipo de vapor, corriente eléctrica, especificaciones de equipos ya instalados, factores de consumo históricos, el mismo espacio disponible para la ampliación dentro de la fábrica, etc.

El siguiente paso es establecer un diagrama de flujo esquemático para tener una idea de el proceso en el que trabajaremos.

Con las condiciones de referencia y el diagrama de flujo procederemos a establecer las condiciones de operación de los equipos. Estas condiciones de operación principales serán suficientes para comenzar posteriormente el proceso de selección de los equipos. La información se complementará en los siguientes capítulos, donde se analizarán diferentes diseños y opciones.

Capítulo II, Selección de la caldera y sus accesorios:

Una vez en nuestras manos las condiciones de operación, las enviamos a los diferentes proveedores para obtener cotizaciones de las opciones que existen en el mercado. Se analizan costos, especificaciones, servicio, pros y contras de los diferentes diseños, etc. y entonces se decide sobre el que mejor cumpla

especificaciones, servicio, pros y contras de los diferentes diseños, etc. y entonces se decide sobre el que mejor cumpla nuestros requerimientos.

Capítulo III, Selección de equipos auxiliares:

Se repite el proceso descrito en el Capítulo 2, pero para los equipos periféricos. Para el cálculo y selección de las bombas se toman los diagramas de tuberías que se desarrollan en el capítulo IV, ya que para obtener el cálculo exacto de la bomba necesitamos el arreglo de tuberías definitivo. Decidimos hacerlo así para agrupar el cálculo y selección de bombas en un sólo capítulo y desarrollar el arreglo de tuberías junto con la distribución de equipo en el Capítulo 4 ya que son actividades correlacionadas.

Capítulo IV, Distribución de equipos y arreglo de tuberías:

Desde las referencias del proyecto se tiene el area asignada para la ampliación, y una vez seleccionados los equipos, procedemos a situarlos en su lugar y a realizar el trazo de las tuberías para conectarlos.

Capítulo V, Especificaciones de materiales para instalación:

Con el arreglo de tuberías finalizado y conociendo las condiciones de trabajo de los fluidos que vamos a manejar, procedemos a especificar los materiales para tuberías, válvulas y accesorios. Con esto finaliza el proyecto y estamos listo para la etapa de construcción.

Por último encontramos las Conclusiones y la Bibliografía.

NOMENCLATURA

CODIGO ASME

C = tolerancia para rigidez mecánica
D = diámetro exterior
E = eficiencia de la soldadura
e = tolerancia para el rolado de tubos
Pt = presión máxima de trabajo
S = esfuerzo permisible en el acero
tp = espesor de pared mínimo
y = factor por temperatura de trabajo

HIDRAULICA

b = coeficiente de rozamiento
dr = densidad relativa
g = aceleración de la gravedad
Hm = altura manométrica
Hrp = pérdidas primarias
Hrs = pérdidas secundarias
Hr1-2 = pérdidas entre dos puntos
L = longitud total
Le = longitud equivalente
Na = potencia de accionamiento
nh = eficiencia hidráulica
nv = eficiencia volumétrica
nm = eficiencia mecánica
pe = peso específico
P = presión de trabajo o manométrica
Pa = presión absoluta
Pd = presión de descarga
Ps = presión de succión
Q = caudal
t = tiempo
T = temperatura
V = velocidad lineal
v = velocidad en un punto
vi = viscosidad cinemática
z = altura

TERMODINAMICA

h = entalpia de 1 kg de vapor a la salida de la caldera
hf = entalpia de 1 Kg de liquido a la entrada de la caldera
m = masa del vapor producido
q = calor transmitido a través del aislamiento

ABREVIACIONES EN TUBERIAS

AGF	Agua filtrada
AGS	Agua suave
AGD	Agua deareada
CO	Condensado
DI	Diesel
GA	Gas natural
SAL	Salmuera
VS	Vapor saturado
VR	Vapor recalentado

CAPITULO I

CONDICIONES DE OPERACION DE LOS EQUIPOS

1.1) REFERENCIAS PARA EL PROYECTO

Como lo mencionamos en la Introducción, cuando trabajamos en un proyecto de expansión de una planta industrial, existen una serie de situaciones ya establecidas que en muchas ocasiones tienen que imitarse para dar uniformidad al proceso, y estandarizar todas las operaciones.

La situación cambia cuando se construye desde el inicio una nueva planta, donde hay oportunidad de analizar diversos tipos de maquinaria con diferentes requerimientos, o cuando en una planta existente se introduce una tecnología nueva que en muchas ocasiones obliga a proveer servicios de características diferentes a las que requería la técnica anterior.

En nuestro caso, el proceso de fabricación de la fibra sintética que elabora esta planta ya está bien definido, y la nueva maquinaria será muy similar a la ahora existente, por lo que las características de servicios como vapor, agua, electricidad, permanecen sin cambios.

Por otra parte, esta unidad industrial, como la mayoría, tiene establecidos una serie de factores de consumo en los servicios por unidad de producto terminado, que serán nuestra referencia para encontrar las capacidades de los nuevos equipos de generación de vapor.

Sin embargo, en este capítulo, no todos los equipos podrán definir las condiciones de operación totalmente, sino que en algunos casos esto será posible sólo en los siguientes capítulos, cuando se tenga la información completa, ya que la selección de un equipo encadena las características de otro. Por ejemplo en las bombas, donde la condición de altura manométrica total la determinaremos hasta que se tenga la ubicación del equipo y el trazo de las tuberías.

De cualquier forma, los datos que se obtengan en esta sección serán el punto de partida del proceso de selección de equipos.

Al realizar cálculos anualizados, consideraremos 363 días laborables al año, ya que la fábrica se detiene totalmente sólo durante dos días para realizar mantenimiento a la subestación principal y a la caseta de suministro de gas natural. Debido a los altos costos de arranque y paro de este tipo de procesos, se mantiene en operación siempre, alternando su maquinaria de producción, inclusive domingos y días festivos de todo el año, sin que sea necesario un paro total para el mantenimiento de esos equipos.

Asimismo, los días los consideraremos de 24 horas, ya que no existe interrupción del proceso. Si una máquina de fabricación de fibra tiene que parar por mantenimiento o por cambio de producto, otra está lista para su arranque. Por supuesto que la producción tiene variaciones y picos, pero los factores de consumo promedio nos darán muy exacta aproximación para determinar nuestras capacidades.

1.2) DIAGRAMA DE FLUJO ESQUEMATICO.

Antes de entrar en detalles de selección de equipos, procederemos a describir en un diagrama de flujo el ciclo del vapor en nuestra planta, que nos ayudará a tener una visión completa del proyecto. Describiremos brevemente cada etapa del proceso y en los capítulos posteriores se profundizará en cada uno de ellos. Ver fig. 1.

1.2.1) Alimentación de agua filtrada al suavizador

Las bombas de agua filtrada envían de la cisterna al suavizador el agua necesaria compensar para el vapor que no se recupera cuando se utiliza en el proceso de la planta. La cisterna se encuentra a cielo abierto y suministra agua para todos los servicios de la planta que la requieran.

1.2.2) Suavización de agua

En suavizador recibe el agua filtrada y le quita la dureza para que sea capaz de ser utilizada en el interior de la caldera. La cantidad de agua suavizada corresponde a la cantidad de vapor que no se recupera del proceso. El agua suave se mezcla en un

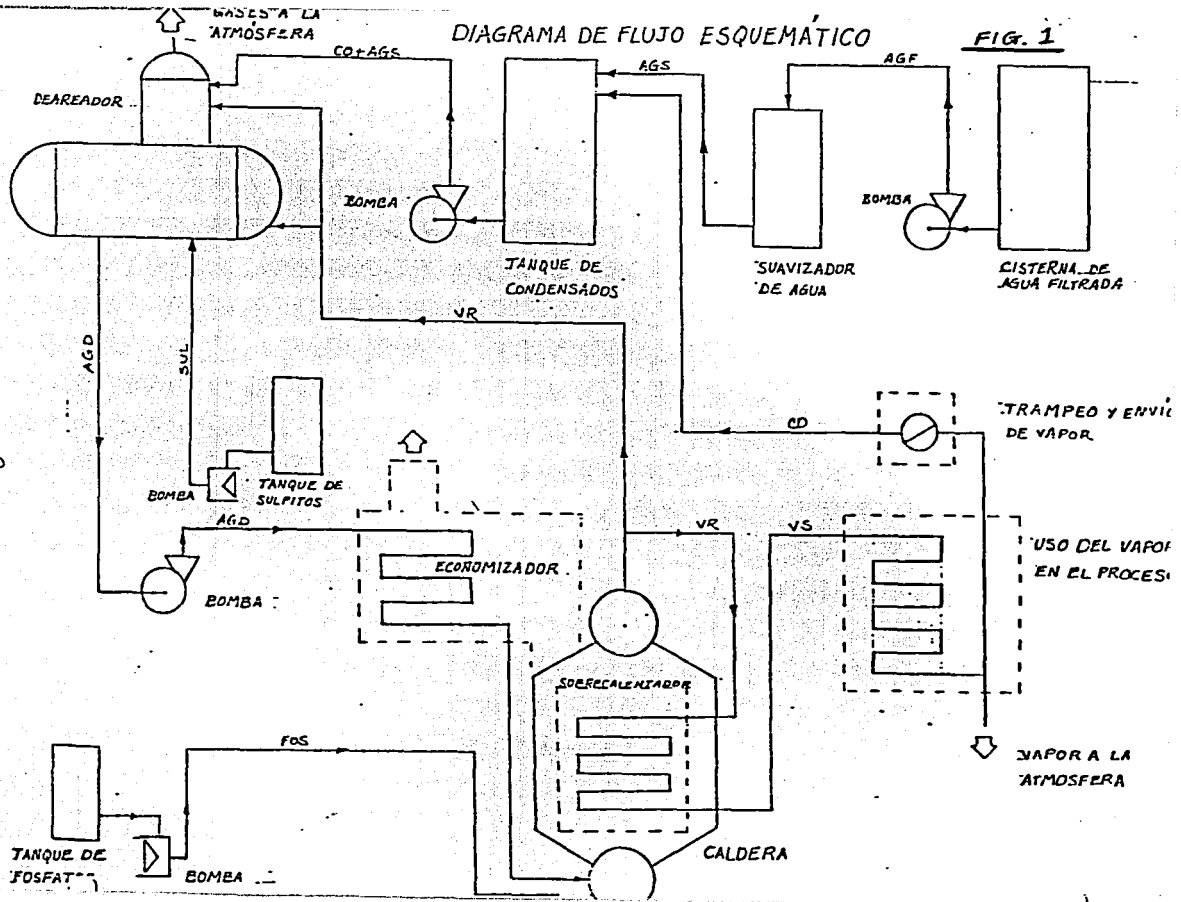


FIG. 1

tanque donde se colecta el condensado de recuperación. El condensado que recuperamos no requiere este proceso porque anteriormente tuvo que ser suavizado para poder ingresar a la caldera.

1.2.3) Alimentación de agua al deareador

Las bombas de condensados succionan del tanque de almacenamiento y envían agua al deareador a una temperatura aproximada de 73 °C, a una presión suficiente para atomizar el agua en las espreas del deareador.

1.2.4) Deareación del condensado

En el deareador se elimina el oxígeno disuelto y el bióxido de carbono por medio de un flujo de vapor a contracorriente con el agua atomizada, además se eleva la temperatura del agua a 100 °C mediante el burbujeo del vapor. La atomización de agua se hace usando espreas que aprovechan la presión de alimentación de la bomba. Esta etapa tiene como fin evitar que con el agua se introduzca oxígeno disuelto que provoque corrosión en la caldera. La deareación sí es conveniente para la mezcla completa de agua suave condensado, ya que éste último aunque tuvo que pasar por el deareador en el ciclo anterior, durante el proceso de recolección del condensado tiene cierta ganancia de gases, por lo que es necesaria una deareación antes de ingresar de nueva cuenta a la caldera.

1.2.5) Dosificación de sulfito

Las trazas de oxígeno residual se eliminan dosificando sulfito de sodio al deareador. Durante el tiempo de permanencia del agua en la parte inferior del deareador el sulfito reacciona con el oxígeno formando un compuesto no dañino para la caldera. El sulfito se disuelve previamente en agua y se dosifica mediante una bomba de desplazamiento positivo, ya sea de diafragma o pistón.

1.2.6) Alimentación de agua a la caldera

Las bombas de agua de alimentación a la caldera envían el flujo requerido a una presión superior a la de operación de la misma, para que el agua ingrese libremente, sin ningún riesgo de contrapresión.

1.2.7) Precalentamiento del agua

Antes de entrar a la caldera, el agua se calienta a través del economizador, donde se aprovecha el calor de los gases de combustión. Este equipo se ubica entre de la salida de gases del cuerpo de la caldera y la chimenea.

1.2.8) Generación de vapor

En el interior de la caldera, una gran parte de las kilocalorías liberadas por el combustible se transfieren al agua a través de las superficies de los tubos, obteniendo así vapor saturado. Otra parte del calor se transfiere en el economizador y otra porción sale a la atmósfera con los gases de escape.

1.2.9) Dosificación de fosfatos

Los condensados que se recuperan del proceso generalmente arrastran impurezas como hierro, sílice, polvo, cobre, que le transfieren cierta dureza al agua de alimentación de la caldera. Para controlar esa dureza de retorno se hace necesario un tratamiento interno a base de fosfatos para el control del agua inyectándolo directamente al interior de la caldera. Esto se hace para compensar los arrastres del condensado y de ninguna manera sustituye a la suavización de agua que se da al agua filtrada antes de que ésta ingrese a la caldera.

1.2.10) Sobrecalentamiento del vapor

El vapor saturado sale por el domo superior y a través de una tubería se conecta con el sobrecalentador en la parte posterior de la caldera, en el interior del hogar, donde el flujo se distribuye a través de los tubos del sobrecalentador, de esta forma existe una segunda transferencia de calor, ahora de los gases de combustión hacia el vapor, obteniendo así el recalentamiento del mismo, sin tener una variación notable en la presión. Posteriormente las tuberías de distribución lo conducen hasta las áreas de proceso.

1.2.11) Utilización del vapor

El vapor es usado en los diversos procesos de la planta. Una parte no se puede recuperar, ya que hay partes del proceso de producción en los que el vapor entra en contacto directo con algún producto químico o se descarga a la atmósfera (para hacer vacío en autoclaves, por ejemplo) y existe una pequeña fracción que también

se pierde en la atmósfera a través de fugas de vapor no deseadas. Sin embargo, se logra recuperar hasta el 75 % del total.

1.2.12) Recuperación de condensado

Un porcentaje del vapor se recupera como condensado después de su aprovechamiento en el proceso. El sistema de trampeo lo envía al tanque de condensados, donde comenzará un nuevo ciclo.

Después de haber explicado en forma resumida el ciclo del vapor, procederemos a determinar las condiciones de operación del sistema.

1.3) CALDERA

1.3.1) Cantidad de vapor

En esta industria, el factor global de consumo de vapor es de 24 toneladas de vapor por tonelada de fibra. Este dato lo obtuvimos de los reportes que mensualmente publica el Departamento de Servicios de la fábrica, tomando como referencia el promedio de los últimos 12 meses. Ver tabla de factores de consumo en la tabla no. 1.

La ampliación contemplada tiene como objetivo elevar la producción de 17,000 a 36,400 toneladas anuales de fibra sintética, que significa un incremento de 19,400 toneladas al año.

El aumento por hora será el siguiente:

$$19,400 \text{ ton f/año} * 1 \text{ año}/363 \text{ días} * 1 \text{ día}/24 \text{ h} = 2.23 \text{ ton f/h}$$

Ahora podemos obtener el incremento en la demanda de vapor por hora:

$$2.23 \text{ ton f/h} * 24 \text{ ton v/ ton f} = 52.8 \text{ ton v/h}$$

Este valor lo vamos a comparar con las capacidades que manejan

TABLA NO. 1

PRODUCTORA MEXICANA DE FIBRAS SINTETICAS S.A.

FACTOR DE CONSUMO DE VAPOR ANUALIZADO

VAPOR _____ 24 ton vap/ton fibra

El consumo se distribuye de la siguiente forma:

	Ton vap/ton fibra
Destilación de solvente (DMF)	4
Secadores de polimero	6
Secadores de fibra	5.5
Máquinas de absorción	2.5
Vacío de autoclaves	4.8
Servicios menores	1.2

Total:	24.0

los fabricantes de calderas como modelos standard. Los valores comerciales más cercanos a nuestros requerimientos son de 45.45 toneladas de vapor por hora, ton v/h, (100,000 lb/h) y de 68.18 ton v/h (150,000 lb/h). De inmediato sabemos que nuestra opción a escoger será la de 68.18 ton v/h, ya que el tamaño inferior no cubre nuestra capacidad mínima.

Esta es la capacidad nominal a plena carga, que nunca se recomienda mantenerla por periodos de más de 24 horas. Para trabajo continuo se recomienda una utilización máxima de 90 % de la capacidad de la caldera.

Si consideramos que podemos operar en continuo nuestro equipo al 90 %, nuestra capacidad real será:

$$68.18 \text{ ton v/h} * 0.9 = 61.36 \text{ ton v/h}$$

Al comparar con la demanda máxima obtenemos:

$$(61.36/52.8)100 = 116.21 \%$$

Consideramos que el 16.21 % de sobrecapacidad es razonable para soportar algunos consumos no previstos, cambios en el diseño que implican mayor demanda, algunas cargas pico que duren más de 24 horas, eficiencia de operación menor a la esperada o baja de eficiencia por envejecimiento. Al mismo tiempo no es una cantidad muy grande que nos implique un gasto extraordinario en equipo o un gran desperdicio de capacidad operativa.

1.3.2) Combinación con las calderas actuales

Actualmente tenemos dos calderas de 68.18 tonv/h, (de igual capacidad a la que estamos en proceso de seleccionar) siendo cada una capaz de sostener toda la demanda de la fábrica, por lo que alternan su operación cada 2 meses, quedando una en reserva.

Con la nueva unidad que estamos seleccionando, tendremos una capacidad instalada real con un factor de utilización de 90 % :

$$61.36 * 3 = 184.08 \text{ ton v/h}$$

En el inciso 1.3.1 hicimos un análisis considerando el aumento de vapor en relación al aumento de fibra. Ahora analizaremos la futura producción de vapor considerando la combinación de la nueva caldera con las dos actuales respecto a la nueva capacidad total de producción de fibra.

Producción de fibra por hora:

$$36,400 \text{ ton f/año} * (1/363 * 24) = 4.18 \text{ ton f/h}$$

Multiplicando por el factor de consumo obtenemos:

$$4.18 \text{ ton f/h} * 24 \text{ ton v/ton f} = 100.32 \text{ ton v/h}$$

Dividimos entre la capacidad de una caldera al 90 % para obtener las calderas necesarias:

$$100.32/61.36 = 1.63 \text{ calderas}$$

Lo anterior quiere decir que debemos tener 2 calderas en operación para mantener la demanda y una tercera reserva.

Con dos calderas en operación al 90 % obtenemos:

$$61.36 * 2 = 122.72 \text{ ton v/h}$$

La diferencia contra el consumo es:

$$122.72 - 100.32 = 22.4 \text{ ton v/h}$$

Esto significa que podemos operar nuestras calderas a menor capacidad o que podemos disponer de ese vapor para otras ampliaciones o necesidades no previstas.

1.3.3) Altura sobre el nivel del mar

Nuestro equipo funcionará en Guadalajara, Jal., que se encuentra a 1560 m sobre el nivel del mar. Este dato es importante para que el fabricante pueda estimar el funcionamiento anticipado de la caldera, puesto que su capacidad disminuye ligeramente según se incrementa la altura. Generalmente los valores de referencia se toman a 333 m sobre el nivel del mar (1000 ft), siendo necesario hacer un pequeña compensación al volumen de aire de combustión requerido. Esto lo haremos en la sección del ventilador de tiro forzado.

1.3.4) Tipo de vapor necesario

La distancia entra la sala de calderas y los centros de consumo es bastante considerable, situándose el más lejano a 400 metros, por lo que las calderas actuales generan vapor recalentado para evitar el exceso de condensación que provocaría el vapor

saturado en la tubería.

Casi la mitad de los equipos que demandan vapor lo requieren a 12 kg/cm² de presión, y el resto, a diversas presiones inferiores a ésta. Para compensar la caída de presión de toda la red de distribución de vapor en la planta, las calderas deben operar a una presión de 18 kg/cm², y recalentado a 250 °C para evitar condensación en exceso. La nueva maquinaria de la ampliación tendrá los mismos requerimientos en cuanto al tipo de vapor, que tienen las máquinas presentes, por lo que la nueva caldera respetará las características señaladas, que son a las que actualmente operan las calderas actuales.

1.3.5) Combustibles

Debido a las implicaciones de costos de operación y a los cada vez más fuertes problemas de contaminación ambiental, la consideración del combustible ha venido a ser cada vez más importante.

La fábrica de que nos ocupamos tiene suministro de gas natural para sus calderas, y éste no se ha restringido, como le ha sucedido a otras empresas, ya que se encuentra situada en una área cercana a zonas urbanas, y al cambio a un combustible más económico como sería el combustóleo, ocasionaría un grave problema de polución en la zona, por lo que la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), solicita a Petróleos Mexicanos (PEMEX) garantizar la entrega de gas a esta fábrica y a otras en situación parecida, y éstas deben consumirlo.

Esta situación se ha dado principalmente en el Distrito Federal, Monterrey y Guadalajara.

Sin embargo, hay que hacer notar que en otras circunstancias el combustóleo sería la opción más económica, ya que representa un ahorro de casi el 20 % respecto al gas en su costo de adquisición.

A simple vista la diferencia parece enorme, pero hay que hacer notar que el combustóleo necesita grandes instalaciones auxiliares, como cisternas de descarga, tanques almacén, sistemas de bombeo, calentamiento de tuberías y tanques, recolección de condensados, etc.

Por otra parte, el combustóleo de nuestro país tiene un alto contenido de azufre, de 4 % promedio, que se convierte en una desventaja operativa muy grande ya que la combustión produce gran cantidad de gases sulfurosos, que al condensarse en las partes menos calientes de la caldera y economizador reaccionan con el vapor de atomización para formar ácido sulfúrico, causando daños por corrosión. Para minimizar estos inconvenientes se requiere un control casi perfecto de la combustión, selección de equipos más

resistentes, limpiezas periódicas y una cuidadosa supervisión del estado de la caldera y sus accesorios, y planear un presupuesto de mantenimiento más elevado. Todos estos factores se tienen que evaluar para determinar el ahorro real respecto al gas natural, pero es verdad que el combustóleo sigue siendo una alternativa económica en grandes instalaciones.

Respecto al combustible de emergencia, seguiremos usando diesel, que por su facilidad de manejo y almacenamiento es adecuado como una segunda opción, no obstante su alto costo, pero éste no es un factor importante en este caso debido a que son muy pocas ocasiones en un año cuando se recurre a él.

El diesel se recomienda como combustible primario en calderas pequeñas, hasta 80 CC, debido a que no ocupa muchos equipos auxiliares como el combustóleo. Sin embargo, es común ver calderas mucho mayores operando con diesel en hoteles, hospitales y pequeñas industrias debido a su facilidad de manejo y almacenamiento.

1.3.6) Condiciones de operación

Generación de vapor	68 ton/h
Lugar de operación	1560 m. SNM
Tipo de vapor	Recalentado, 18 kg/cm ² a 250°C.
Combustibles	Gas natural como principal Diesel de emergencia

1.4) TRATAMIENTO DE AGUAS

1.4.1) Capacidad

Como se estableció desde el diagrama de flujo, el equipo de tratamiento devolverá al sistema una cantidad de agua equivalente al vapor que se pierde en el proceso y que no retorna a la sala de calderas como condensado. Por registros de varios años, el Departamento de Servicios tiene evaluado en un 25 % el vapor que no se recupera. Tabla de consumos al final del capítulo.

Analizaremos dos casos:

a) Respecto a la producción de fibra:

La cantidad total de agua suave necesaria para la nueva ampliación será el 25 % de la demanda total de vapor:

$$110.32 \text{ ton v/h} \times 0.25 = 27.58 \text{ ton a/h}$$

Convirtiendo tal cantidad a litros por hora:

$$27.58 \text{ ton a/h} \times 1000 \text{ l/ton} \times (1 \text{ h}/60 \text{ min}) = 459.67 \text{ l/min}$$

Nótese que tomamos como referencia la demanda total por hora de vapor que requeriría la fábrica y que sería suministrada por las dos calderas en operación continua, pero no necesariamente a toda su capacidad, ya que sólo se requiere de 1-63 calderas para esto, de acuerdo a la sección 1.3.2.

La demanda actual de agua suave es cubierta con una unidad de suavización que entrega un máximo de 285 l/min.

Tendremos que incrementar la capacidad de suavización en:

$$459.67 - 285 = 174.67 \text{ l/min}$$

b) Respecto a la demanda de la caldera a plena carga:

Si analizamos la capacidad del tren de suavización desde el punto de vista de la capacidad de la caldera al 100 % de carga, obtenemos diferentes resultados:

El 25 % de la capacidad máxima es:

$$68.18 \text{ ton v/h} \times 0.25 = 17.05 \text{ ton v/h}$$

Transformado a litros por minuto:

$$17.05 \times (1000/60) = 284.17 \text{ l/min}$$

Esta cantidad de agua del caso b) es mayor al caso a). Lo que quiere decir que si optamos por a) no podremos trabajar a plena carga las calderas ni siquiera por cortos periodos, limitándonos para responder a situaciones de emergencia o requerimientos no planeados.

Por lo tanto, seleccionaremos al caso b) para determinar la capacidad del equipo. Redondearemos la cifra a 285 l/min, que es la capacidad del tren de tratamiento actual.

A diferencia de lo que ocurre en las calderas, en los trenes de tratamiento de aguas existe mayor flexibilidad para seleccionar capacidades. Incluso, muchos de estos equipos se pueden diseñar de acuerdo a las necesidades del cliente sin incurrir en costos

demasiado altos.

1.4.2) Características y requerimientos del agua

Las características del agua cruda que trataremos son las siguientes:

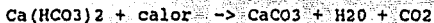
Cationes	PPM	Aniones	PPM
Calcio	104	Cloruros	41
Magnesio	51	Sulfatos	40
Dureza	145	Acidos min.	71
Sodio	62	Bicarbonatos	146
Total	237 PPM	Total	237 PPM

El valor de la dureza total es el que nos interesa para estimar el tamaño del suavizador.

Las sales que se encuentran contenidas en el agua son sales solubles, tales como bicarbonatos, sulfatos y cloruros de calcio, magnesio y sodio. Las sales de calcio y magnesio son las que producen lo que se ha dado en llamar "dureza" del agua, que significa la propensión a formar incrustaciones y a su poder precipitante en las soluciones de jabón empleadas para determinarla. La cantidad de cualquier substancia productora de incrustaciones puede expresarse en partes por millón, PPM de carbonato cálcico equivalente (CaCO₃).

La evaporación de agua en la caldera origina concentración de sales, que si sobrepasan el nivel de solubilidad, se precipitan causando incrustaciones.

Debido a la alta temperatura del agua dentro de la caldera, los bicarbonatos se descomponen, que en la presencia de calcio y magnesio originan las siguientes reacciones químicas:



El carbonato de calcio es muy poco soluble, originando incrustaciones y lodos en el interior de la caldera. Las

incrustaciones causan dificultad en la transmisión de calor, generando sobrecalentamientos localizados que originan fallas.

Tales características indeseables en el agua las deberemos eliminar mediante un tratamiento previo adecuado.

Esta agua la queremos llevar a las siguientes condiciones:

Dureza	0
Alcalinidad de bicarbonato	10
Silice	0.03 PPM max.

Las mencionadas condiciones las encontramos en el agua que entregan los actuales suavizadores, de esta forma el agua es apta para nuestras calderas, ya que la obtenemos libre de dureza, y aunque existe una pequeña cantidad de silice, esta concentración sería peligrosa sólo si trabajáramos a alta presión (30 kg/cm² o más)

1.4.3) Condiciones de operación.

Caudal a tratar	285 l/min
Dureza del agua a tratar	237 PPM como CaCO ₃
Dureza final	0 PPM
Silice	0.03 PPM

1.5) BOMBAS PARA DOSIFICACION DE FOSFATOS.

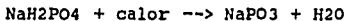
Como ya mencionamos anteriormente, otra parte del tratamiento del agua se efectúa en el interior mismo de la caldera, ya que las impurezas que arrastran tanto el vapor como el condensado, producto de desgaste en tuberías, válvulas, equipo de proceso o contaminación por sustancias del producto que se maneja, altera ligeramente las características del agua, pero sin justificar que todo el condensado ingrese nuevamente al tren suavizador de agua.

El procedimiento para contrarrestar esos efectos se realiza mediante un tratamiento a base de fosfatos, cuyas cantidades se controlarán mediante análisis periódicos de la calidad del agua de la caldera.

El tratamiento que se le aplica al agua en el interior de la caldera debe ser cuidadosamente medido y dosificado. Para esta

función se usan generalmente bombas de desplazamiento positivo, tipo pistón o tipo diafragma, con el objeto de dosificar pequeñas cantidades de líquido a elevadas presiones. Los fosfatos se disuelven previamente con agua en un pequeño tanque con agitador y las bombas dosifican la solución a la caldera. Para garantizar el libre ingreso de la solución en la caldera, debemos lograr que nuestra bomba entregue una presión superior en 5 kg/cm² a la presión de operación de la caldera en el punto de entrada.

El tratamiento con fosfatos está basado en la concentración del ion PO₄, fosfato, soluble en el agua de calderas.



Este fosfato deshidratado molecularmente se recombina con el agua para formar ortofosfato, que precipita entonces al calcio y al magnesio.

Generalmente se mantiene una concentración de 20 a 40 ppm de PO₄. Dosificaremos sólo la cantidad suficiente para mantener tal concentración y compensar la dureza adquirida por contaminación del vapor durante el proceso.

1.5.1) Caudal

Supondremos que el condensado que recuperamos llega con una concentración de 15 ppm, por lo que debemos restablecerlo a 20 ppm como mínimo.

$$68.18 * 0.7 = 47.76 \text{ ton/h}$$

$$\text{ppm} = \text{mg/l}$$

Cantidad de PO₄ por hora:

$$(20 - 15) * 47760 = 238800 \text{ mg} = 238.8 \text{ g}$$

Peso molecular de NaH₂PO₄ = 92

Peso molecular del PO₄ = 79

Cantidad de NaH₂PO₄ necesaria:

$$(238.8 * 92)/79 = 278 \text{ g}$$

En una solución al 10 %, ocuparíamos 3 l de agua aproximadamente.

1.5.2) Condiciones de operación.

Fluido a manejar _____	Agua con fosfatos disueltos
Tipo de bomba _____	Desplazamiento positivo
Q _____	3 l/h
P _s _____	Atm.
P _d _____	Hm + 5 kg/cm ²
T _____	20 °C

Las bombas funcionarán intermitentemente para mantener las concentraciones de fosfato, según lo indiquen los análisis de agua de caldera que se hacen diariamente.

Lo más conveniente es seleccionar dos unidades para estar alternando su operación y tener siempre una de reserva.

1.6) DEAREADOR

1.6.1) Capacidad

La capacidad del deareador debe ser la demanda máxima de agua de la caldera, más un 15 % para compensar ineficiencias en la atomización del agua, en el suministro de vapor de contracorriente y burbujeo o un exceso temporal de gases disueltos en el condensado.

La capacidad de deareación máxima será:

$$68.18 * 1.15 = 78.41 \text{ ton/h} = 1306.83 \text{ l/min}$$

Por otro lado, la capacidad de almacenamiento del agua deaerada en la parte inferior del equipo (tanque), debe ser suficiente para alimentar la caldera durante 15 minutos en el caso que exista una falla que provoque una interrupción en el suministro de agua al deareador. Esta reserva de agua es indispensable, ya que de otra forma, al no existir agua de alimentación se provocaría una baja repentina en el nivel de la caldera, causando recalentamiento en los tubos, con las consecuentes ampollas o fracturas, o soldadura en las uniones con el domo.

Capacidad de almacenamiento para 15 minutos de operación:

68.18 ton*(15/60) = 17.05 ton = 17,050 l

1.6.2) Alimentación de condensado

La temperatura promedio que existe en los tanques de almacenamiento de condensado es de 70 °C.

Se requiere que a la entrada del deareador, el agua tenga cierta presión de entrada para poder ser atomizada en las espreas. Dependiendo del tipo de espreas que use cada fabricante, varía la presión de alimentación. Consultando los diferentes proveedores, encontramos que la presión necesaria se encuentra entre 3 y 4 kg/cm² por lo que tomaremos la última cantidad como requerimiento.

1.6.3) Alimentación de vapor

El vapor se usa para el arrastre de los gases y para calentar el agua que se acumula en el tanque del equipo.

Por los regular los deareadores trabajan a presiones entre 0.75 y 1 kg/cm². La razón es que se necesita que el equipo esté presurizado para lograr una suficiente velocidad de arrastre de los gases incondensables, de manera que estos puedan salir a la atmósfera fácilmente. Por otro lado, la presión positiva también ayuda a evitar la cavitación en las bombas que alimentan a la caldera. Esto lo explicaremos en el siguiente capítulo.

Usaremos el vapor que genera la caldera y reduciremos su presión mediante una válvula reductora.

1.6.4) Condiciones de operación.

Flujo de agua a dearear _____ 1307 l/min
Capacidad del tanque _____ 17100 l
Temperatura del condensado _____ 70 °C

1.7) BOMBAS DE ALIMENTACION A DEAREADOR

1.7.1) Capacidad

La capacidad máxima del deareador es:

1306.83 l/min.

Esta cifra incluye un factor de seguridad del 15 % sobre la capacidad máxima de la caldera, por lo que ya no debemos afectar la capacidad de estas bombas con otro factor de seguridad, ya que las aumentaríamos de tamaño innecesariamente. Recordemos también que el deareador necesita una presión mínima de entrada de 4 kg/cm².

1.7.2) Condiciones de operación.

Fluido a manejar _____	agua
Tipo de bomba _____	centrífuga
Q _____	1306.7 l/min
Ps _____	Patm + Z1 - Hrt
Pd _____	Hm + 4 kg/cm ²
T _____	70 °C

Estas condiciones de operación será solo el punto de partida para la selección de las bombas. Al revisar el diseño de la instalación y el trazo de las tuberías las condiciones señaladas pueden cambiar, pero de cualquier manera, tenemos ya definidos los parámetros más importantes. Esto aplica a todas las bombas que trataremos en este capítulo.

1.8) BOMBAS DE ALIMENTACION A CALDERA

1.8.1) Capacidad

Generalmente se utilizan bombas tipo turbina, y los fabricantes recomiendan que al seleccionarlas se considere una sobrecapacidad del 25 % sobre la demanda máxima de la caldera, con la finalidad de compensar las ineficiencias de la bomba por el desgaste, y garantizar siempre el abastecimiento a plena carga, para evitar los daños que causaría un bajo nivel, como ya se explicó anteriormente.

Capacidad incluyendo factor de seguridad:

$1136.36 \text{ l/min} \times 1.25 = 1420.45 \text{ l/min}$

Al calcular nuestra bomba debemos agregar 5 kg/cm² a la altura manométrica total, Hm, para que la presión de bombeo siempre sea suficientemente mayor que la presión de la caldera y permita que el agua ingrese a ésta sin ninguna contrapresión.

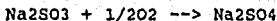
1.8.2) Condiciones de operación.

Fluido a manejar _____	agua
Tipo de bomba _____	centrifuga
Q _____	1420.45 l/min
Ps _____	Por determinarse
Pd _____	Hm + 5 kg/cm ²
T _____	100 °C

1.9) BOMBAS DE DOSIFICACION DE SULFITOS

El sulfito de sodio se suministra de igual manera que los fosfatos, disolviéndolo en agua en un pequeño tanque. La presión de descarga de la bomba deberá ser tal que tengamos en el punto de ingreso al deareador una presión superior en 2 kg/cm² al menos a la de operación del equipo. Tal presión generalmente es muy baja, alrededor de 1 kg/cm, pero la definiremos hasta la selección del mismo. Como usaremos bombas de desplazamiento positivo, no tendremos ningún problema para generar presiones mucho mayores.

La reacción que ocurre es la siguiente:



De esta forma se elimina el oxígeno residual libre en el agua de alimentación.

1.9.1) Caudal

Se recomienda una concentración de sulfito de sodio (Na₂SO₃) de 10 a 20 ppm. Esta dosificación se aplicará a la totalidad del agua que ingresa a la caldera.

$$10 * 68180 = 681800 \text{ mg} = 681.8 \text{ g}$$

En una solución al 10 %, ocuparíamos 7 l de agua aprox.

1.9.2) Condiciones de operación.

Fluido	_____	agua con sulfito de sodio
Tipo de bomba	_____	desplazamiento positivo
Q	_____	7 l / h
Ps	_____	Atm.
Pd	_____	Hm + 2 kg/cm2.
T	_____	20 °C

1.10) BOMBAS PARA SUMINISTRO DE DIESEL

1.10.1) Capacidad

Podemos tomar los datos de la hoja de comportamiento anticipado de la caldera (mostrada en el siguiente capítulo) para estimar las condiciones de operación.

Debido a la alta viscosidad del fluido no es posible usar bombas centrifugas, sino de desplazamiento positivo de caudal medio-alto. Para estas aplicaciones se usan típicamente bombas de paletas.

1.10.2) condiciones de operación

Fluido	_____	Diesel
Viscosidad	_____	680 SSU a 4 °C
Tipo de bomba	_____	de paletas
Q	_____	4900 l/h
P en el sistema de combustión	_____	2.8 kg/cm2 mínimo
Pd	_____	Por determinarse
T	_____	20 °C

CAPITULO II

SELECCION DE LA CALDERA Y SUS ACCESORIOS

2.1) CLASIFICACION DE LAS CALDERAS

Los fabricantes de calderas de altas capacidades, como la que nos ocupa, clasifican las calderas de acuerdo a la capacidad nominal de evaporación por hora, toneladas de vapor o libras, a una determinada presión de trabajo que aparece en su hoja de especificaciones y a una altura sobre el nivel del mar de referencia, que por lo regular son 303 m (1000 ft). Posteriormente se hacen los ajustes de la capacidad según sea la presión real de trabajo y la altura de operación.

De antemano estamos seleccionando una caldera acuatubular, ya que las pirotubulares sólo se usan para capacidades máximas de 800 Caballos Caldera. Como referencia haremos la transformación de nuestra demanda de vapor a Caballos Caldera, aunque sabemos que no es una unidad de medición adecuada para capacidades como las que estamos manejando.

La fórmula para el cálculo del Hp caldera es:

$$\text{Hp caldera} = ms(h-hf)/(543.4-15.66)$$

De acuerdo a las condiciones de operación, consultamos las tablas de agua y vapor para conocer las entalpias, aplicándolas a la fórmula:

$$\text{Hp caldera} = 68,182(706.6-102.53)/(543.4-15.66)$$

$$\text{Hp caldera} = 78,043$$

2.2) PROCEDIMIENTO PARA LA SELECCION DE UNA CALDERA

La selección de la caldera, por tratarse del equipo principal, se describirá con mas detalle en lo que se refiere a la obtención de datos por parte de los proveedores y los criterios para analizarlos. Para los equipos restantes no se detallará este proceso en el entendido que los conceptos explicados en esta sección son generales, y que pueden aplicarse para seleccionar los equipos auxiliares.

En muchas ocasiones, cuando se habla de selección de una maquinaria, existe la tendencia a considerar sólo los aspectos técnicos, y a olvidar puntos muy importantes como disponibilidad de servicio y refacciones, capacidades comercialmente disponibles, precio, garantía, etc. Por esta razón, la selección de una caldera, o de cualquier equipo industrial, tiene que basarse en en los siguientes puntos:

- Cumplimiento de las especificaciones requeridas
- Precio
- Costo de operación
- Tiempo de entrega
- Servicio y garantía
- Vida estimada
- Prestigio del proveedor

La manera de obtener la mayoría de los datos anteriores, es solicitando cotizaciones a diferentes fabricantes, para hacer posteriormente una evaluación que nos lleve a tomar una acertada decisión.

En el capitulo anterior determinamos suficiente información como para entregarla a los proveedores a fin de obtener sus propuestas.

Solicitaremos el concurso de dos fabricantes nacionales y de uno extranjero. Los locales son: Cerrey S.A. (produce bajo licencia de Combustion Engineering) y Babcock and Willcox S.A. De Estados Unidos será Zurn Industries.

Una vez obtenidas las cotizaciones elaboraremos una tabla comparativa, que se muestra en fig. 3

Procederemos a analizar los conceptos mostrados en la tabla comparativa:

2.2.1) Costo relativo

La unidad de referencia es el precio de la caldera más cara. Zurn muestra un ahorro del 13 %, y su costo ya incluye los aranceles de importación. Los tres proveedores cotizan precios Libre a Bordo (L.A.B) en su fábrica, por lo que el comprador se hace cargo de los fletes. En este aspecto Zurn tiene desventaja,

TABLA No. 2

TABLA COMPARATIVA DE COTIZACIONES PARA CALDERA DE 68.18 TON V/H

PROVEEDOR	COSTO RELATIVO	TIEMPO DE ENTREGA	GARANTIA	AMSME	OF. DE SERVICIO
Babcock & Willcox	1	22 semanas	1 año	Si	Mexico D.F.
Cerrey	0.95	30 semanas	1 año	Si	Monterrey N.L.
Zurn	0.87	10 semanas	1 año	Si	Chicago IL, E.U.

- 28 -

PROVEEDOR	RECUPERACION DE CALOR	CONSUMO DE COMB. AL 100 %	VIDA UTIL	ARREGLO
Babcock & Willcox	Precalentador rotatorio	5,898 m3/h gas natural	25 años	Tipo D
Cerrey	Precalentador rotatorio	6,010 m3/h gas natural	25 años	Tipo A
Zurn	Economizador	5,965 m3/h gas natural	25 años	Tipo O

ya que nosotros tendremos que pagar la transportación desde Chicago. Pero en cifras absolutas no significa gran diferencia, considerando el costo total de la caldera.

2.2.2) Tiempo de entrega

En la construcción de plantas industriales los servicios como electricidad, agua, aire comprimido y vapor deben estar disponibles con suficiente anticipación que permita hacer pruebas y ajustes en estos sistemas para suministrarlos de una manera confiable cuando se requiera arrancar el equipo de producción. En este punto el fabricante Zurn tiene un gran ventaja, ya que su tiempo de entrega es considerablemente más corto. Estimamos que serían 14 semanas incluyendo el traslado y los trámites, que es un tiempo que nos permite construir la cimentación (consideramos 13 semanas) para proceder a montar la caldera en su lugar prácticamente a su arribo a la fábrica, permitiendo así trabajar en la instalación de tuberías y accesorios.

Las otras dos opciones disponibles nos darían tiempos de espera más largos para el montaje, por lo que Zurn tiene una gran ventaja en este concepto.

2.2.3) Garantía

La garantía en cuanto duración y alcance, es la misma en los tres casos. Sin embargo, la proyección de calidad, o prestigio que tiene cada uno de los fabricantes es diferente, y es algo que se debe también analizar porque es el resultado del comportamiento de sus productos en muchos años.

Babcock and Willcox es una empresa de cobertura mundial con muchos años dentro del mercado, donde ha demostrado la alta confiabilidad en todos los equipos que construye. La planta en México es un filial directa de la casa matriz, situación que aumenta la confianza en el producto.

Fabrican calderas tipo paquete (ensambladas en fábrica), unidades para plantas termoeléctricas y aplicaciones especiales.

Cerrey fabrica calderas bajo licencia de Combustion Engineering (CE) de E.U., que también es una empresa que vende sus productos en todo el mundo. Actualmente Cerrey manufactura calderas para exportarse con la marca CE, por lo que su calidad debe ser alta. También fabrican unidades paquete y equipos para centrales térmicas.

Zurn es la menos conocida para nosotros de las tres empresas que concursan. Su área de influencia es principalmente Estados Unidos. En México existen pocas empresas con estas calderas, pero los propietarios se muestran satisfechas con su operación. Esta compañía se especializa en calderas tipo paquete así como en la renta de unidades móviles para cubrir emergencias en fábricas.

2.2.4) Certificado ASME

El certificar la construcción de un equipo bajo el Código ASME (American Society of Mechanical Engineers) y estampar el sello de esta asociación en la placa de identificación, significa que el fabricante cumplió todos los requisitos mandatorios de los apartados correspondiente, que tratándose de calderas es la Sección I.

Todo fabricante que venda sus productos con la certificación de ASME tiene que satisfacer las auditorias periódicas que verifican calidad de materiales empleados, procedimientos constructivos, calificación de la mano de obra, sistemas de aseguramiento de la calidad y control de documentos de ingeniería.

Los tres proveedores que seleccionamos tienen vigente la certificación de ASME, lo que es una garantía y en cierto modo nivela la calidad de los tres productos.

Vale la pena mencionar que existen fabricantes de calderas o recipientes a presión que pueden usar el Código ASME para diseñar y fabricar sus productos, pero no necesariamente signifique que estén certificados. Para equipos de la magnitud de nuestra caldera, definitivamente es recomendable seleccionar un proveedor certificado.

2.2.5) Oficinas de servicio

La oficina de servicio más distante es la de Zurn, que se encuentra en Chicago, E.U.. Pudieramos representar cierta desventaja en caso de una emergencia, pero esto es muy relativo ya que tendremos una caldera en reserva y en todo caso, el traslado por avión de un técnico hasta Guadalajara toma sólo algunas horas.

Con los proveedores locales quizá sea más fácil la comunicación cuando se desee hacer consultas técnicas.

2.2.6) Recuperación de calor

La alta temperatura de salida de los gases de combustión, hace obligatorio el uso de accesorios para aprovechar esa gran fuente de energía.

Los métodos más comunes para el tipo de caldera que nos ocupa, son a través de calentadores de aire tipo regenerativo (Ljungstrom), o por medio de economizadores.

La operación es los regenerativos es más complicada que la de los economizadores, un resumen de las características sería:

- a) Gran cantidad de fugas de aire. Puede llegar hasta el 10 ó 15% del aire de entrada.
- b) Tiene elementos mecánicos que están sujetos a fallas.
- c) Son menos costosos que los economizadores.
- d) Los problemas de corrosión no representan fugas que ocasionan paros en los equipos, como sucede en los economizadores.

Por su parte, las características del economizador son:

- a) Tienen mayor eficiencia que los regenerativos.
- b) No tienen componentes mecánicos rotatorios.
- c) Son fáciles de operar.

Ver esquema de operación en fig 4, pag 42.

Los precalentadores rotatorios que suministra tanto Cerrey como Babcock and Willcox son de buena calidad, pero nos inclinamos por el economizador, dada su confiabilidad y eficiencia, siendo Zurn en este concepto el de la mejor alternativa.

2.2.7) Consumo de combustible a plena carga

La más económica es la de Babcock and Willcox, aunque la diferencia es muy pequeña; pero como estos números se toman de la hoja de comportamiento anticipado de la caldera, que son cálculos teóricos, los deberemos de tomar con cierta reserva, ya que la experiencia nos demuestra que en la práctica pueden variar grandemente. De cualquier forma es una buena referencia de comparación. Los otros dos fabricantes prácticamente muestran los mismos números.

2.2.8) Vida útil estimada

Este se sólo un dato estimativo y ningún proveedor hace un compromiso de garantía tan extendida. La experiencia de otras calderas nos demuestra que si se puede llegar a los 25 años con un

uso normal.

2.2.9) Arreglo de la caldera

En el rango que nos interesa se fabrican diversos tipos de calderas acuotubulares tipo paquete, que según la colocación de domos se denominan de la siguiente forma: (ver fig 2)

Tipo D: se fabrican hasta una capacidad máxima de 70 ton/h y presiones de 77 kg/cm², con temperaturas de 500 C.

Tipo O: cubren el mismo rango que el tipo D.

Tipo A: estas calderas se construyen hasta en el doble de capacidad de las anteriores.

No existen diferencias marcadas entre el desempeño de uno y otro diseño. Sin embargo, expondremos alguna opiniones que hemos encontrado entre usuarios de estas calderas:

Las tipo D son las más populares en nuestro rango, tienen un buen control de flama, y el tener un solo banco de convección facilita la localización de fallas en tubos.

El tipo O tiene dos bancos de convección, que por otra parte tienen la ventaja de tener que seccionar menos tubos para hacer alguna reparación. En cuanto a precios, ésta es más económica que las otras.

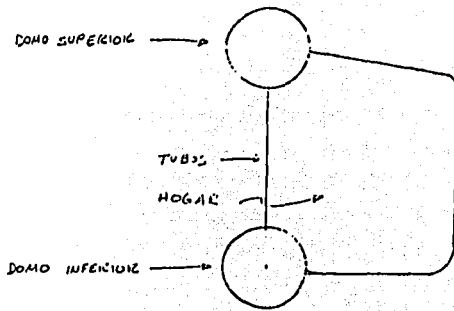
Los domos inferiores de la tipo A hacen bastante incómodas las reparaciones o el rolado de tubos.

Hemos concluido que en la práctica es muy parecido el rendimiento de las tipo D y O, pero por el menor costo de la última, la hace más atractiva.

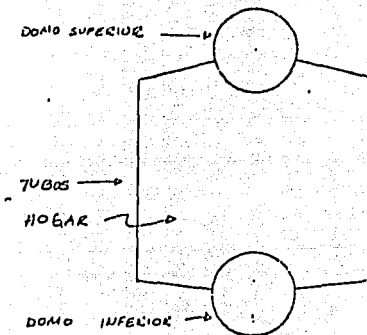
2.3) PROPUESTA DEL PROVEEDOR SELECCIONADO

De acuerdo al análisis de las características anteriores, consideramos que factores económicos y técnicos vistos en conjunto hacen que la selección de nuestro equipo sea el propuesto por el proveedor Zurn Industries.

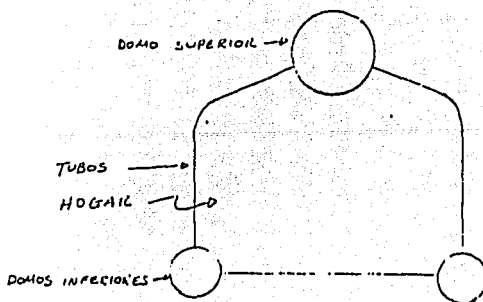
Como mencionamos al inicio de este trabajo, no entraremos a diseñar los equipos, sino realizaremos una adecuada selección.



TIPO "D"



TIPO "O"



TIPO "A"

Haremos sólo las verificaciones del cálculo de espesores de tubos y domos ya que con tales datos podemos tener una idea de lo robusto de la caldera y de la tolerancia extra para corrosión o esfuerzos no previstos. A continuación analizaremos los datos técnicos que nos proporciona Zurn en su propuesta. El paquete de información que entrega el proveedor incluye la Hoja de Comportamiento Anticipado, que nos indica el comportamiento de algunas variables a diferentes capacidades de la caldera, tabla 3.

2.3.1) Capacidad

Evaporación máxima continua	68.18 ton v/h
Presión de diseño	31.5 kg/cm ²
Presión de operación	21 kg/cm ²
T del vapor al 100 % de carga	230 °C

Observamos que la presión de diseño es 1.5 veces la de operación, tal como lo indica el Código. La presión de trabajo es mayor a nuestras necesidades, así como la temperatura del vapor.

2.3.2) Requerimientos de servicios

Corriente, motores	3 fases, 60 Hz, 440 V
Corriente, controles	1 fase, 60 Hz, 115 V
Presión del gas natural (min)	1.4 kg/cm ²
Agua suave	
Diesel	

Los requerimientos de energía eléctrica los podemos suministrar sin ningún problema. En la sala de calderas tenemos una presión de gas de 2.1 kg/cm², que es superior a la requerida por el sistema de combustión de la caldera. Para el agua sueva y el diesel, necesitaremos ampliar las instalaciones actuales.

2.3.3) Area de calefacción

Superficie de calefacción total	1074 m ²
Superficie del sobrecalentador	50.35 m ²
Volumen del hogar	62.21 m ³

TABLA No. 3

HOJA DE COMPORTAMIENTO ANTICIPADO DE LA CALDERA

Carga de vapor	ton/h	68.18	51.14	30.1
Presión en la caldera	kg/cm ²	34.6	34.3	33.9
Presión en el sobrecalentador	kg/cm ²	31.5	31.5	31.5
Temperatura de entrada de agua a la caldera	°C	152	150	148
Temperatura vapor en sobrecalentador	°C	230	232	235
Exceso de aire saliendo de la caldera	%	10	10	10
Temperatura de gases saliendo caldera	°C	324	303	283
Temperatura de gases saliendo economizador	°C	171	157	144
Temperatura de agua entrando economizador	°C	100	100	100
Temperatura de agua saliendo economizador	°C	152	150	148
Caída de presión de aire total	mm c.a.	549	309	137
Aire para combustión	kg/hr	77295	58088	38778
Pérdidas de calor totales	%	17.05	16.62	16.28
Eficiencia estimada	%	82.95	83.38	83.72
Gas natural quemado por hora	m ³ /h	5965	4481	2992

2.3.4) Domos

Diam. int. domo superior	1.22 m x 25.4 mm esp (48" x 1" esp)
Diam. int. domo inferior	0.61 m x 16 mm esp (24" x 0.625" esp)
Material domos	Placa SA-515-70 rolada y soldada. Radiografía 100 %.

El material seleccionado es un acero al carbón de alta resistencia, que además tiene la propiedad de rolarse con relativa facilidad, por lo que es el material recomendado por ASME para los domos de calderas en nuestro rango de operación. Ver propiedades en de este acero en el Anexo no.1.

Verificaremos que estas condiciones cumplan lo requerido por ASME, y asimismo podremos conocer el espesor extra del que disponemos para la corrosión y el desgaste.

La fórmula de ASME para determinar el espesor es la siguiente:

$$t = PD / (2SE + 2yP)$$

NOTA: al sustituir los valores en la fórmula, tomaremos las presiones y esfuerzos en kg/cm² y los diámetros en cm. La constante "y" la tomaremos de la tabla mostrada en el Anexo no. 5.

domo inferior:

E = 1 puesto que la soldadura es 100% radiografiada.

$$t = 31.5 \cdot 61 / (2 \cdot 1162 + 2 \cdot 0.4 \cdot 31.5) = 0.817 \text{ cm}$$

$$t = 8.17 \text{ mm (0.322")}$$

Espesor extra, C, en el domo inferior:

$$C = 16 - 8.17 = 7.83 \text{ mm}$$

Domo superior:

$$t = 31.5 \cdot 122 / (2 \cdot 1162 + 2 \cdot 0.4 \cdot 31.5) = 1.63 \text{ cm}$$

$$t = 16.3 \text{ mm} \quad (0.641")$$

Espesor extra, C, en el domo superior:

$$C = 25.4 - 16.3 = 9.1 \text{ mm}$$

El espesor de fabricación es muy superior a lo requerido en ambos domos por presión debido a que es necesario para la rigidez mecánica y para tener una superficie adecuada en el rolado de tubos. Además nos da un margen mayor para soportar corrosión

2.3.5) Tubos del banco de convección (fluxes)

Diam. de tubos banco de convección 50.8 mm x 3.43 mm esp.
(2" x 0.135" esp.)

Material SA-178-A

Este tubo es de un acero al carbon de baja resistencia, muy adecuado para ser rolado y resistir altas temperaturas. La especificación del tubo señala que es soldado por resistencia electrica. Ver tabla en Anexo no. 5

Verificando los tubos con la fórmula que usa ASME obtenemos:

$$t = PD / (2S + P) + 0.005D + e$$

Donde -e- es un factor que encontramos en las tablas del Anexo no. 4.

$$t = 31.5 \cdot 5.08 / (2 \cdot 805 + 31.5) + 0.005 \cdot 5.08 + 0.1016 = 0.224 \text{ cm}$$

$$t = 2.24 \text{ mm} \quad (0.88 \text{ mm})$$

Tenemos un espesor extra de:

$$3.43 - 2.24 = 1.19 \text{ mm}$$

2.3.6) Tubos del sobrecalentador

Diam. tubos sobrecalentador 50.8 mm x 4.19 mm esp
(2" x 0.165")

Material de los tubos SA-213-T22

Para este tubo se usa un acero aleado (2.25% Cr - 1% Mo) de mediana resistencia, el proceso de fabricación es sin costura. Ver otras propiedades de este acero en Anexo no. 4.

$$t = PD / (2S + P) + 0.005D + e$$

$$t = 31.5 \times 5.08 / (2 \times 1050 + 31.5) + 0.005 \times 5.08 + 0.1016 = 0.2024 \text{ cm}$$

$$t = 2.02 \text{ mm (0.80")}$$

Espesor extra:

$$4.19 - 2.02 = 2.17 \text{ mm}$$

La cantidad de espesor extra puede parecer muy alta, pero realmente es un número razonable, debido al desgaste que sufren las paredes interiores de estos tubos por las altas velocidades a las que circula el vapor en el sobrecalentador.

Diam. cabezales sobrecalentador 222.3 mm. x 22.3 mm
esp.
(8.75" x 0.875" esp.)

Para los cabezales del sobrecalentador aplicamos la misma fórmula de los de la caldera:

$$t = PD / (2SE + 2yP)$$

$$t = 31.5 \times 22.23 / (2 \times 1162 + 2 \times 0.4 \times 31.5) = 0.298 \text{ cm}$$

$$t = 2.98 \text{ (0.12")}$$

$$C = 22.2 - 2.98 = 19.22 \text{ mm}$$

Los fabricantes decidieron un espesor de 22.2 mm (0.875") por necesidad estructural y de rolado de tubos. Por lo que en esta parte del equipo es muy difícil que tengamos problemas por desgaste y corrosión.

2.3.7) Internos del domo

Internos del domo

Purificador tipo Vortex & Chevron que garantiza 1 PPM máxima de impurezas.

Cumple con los requerimientos internacionales establecidos, ya que la finalidad es impedir que los sólidos sean arrastrados por el vapor saturado al sobrecalentador, donde causarían graves problemas de incrustación. Manteniendo estos en el domo, podemos desalojarlos a través de las purgas. Ver fig no. 3.

2.4) ECONOMIZADOR

La selección del economizador está determinada por las condiciones de operación de la caldera.

La hoja de comportamiento anticipado de la caldera nos entrega muchos datos importantes, entre ellos el de las temperaturas de los gases de combustión, Esta hoja es una conjunción de datos teóricos y factores experimentales con que el fabricante de la caldera predice algunas de las variables en el funcionamiento de la caldera a diferentes capacidades.

De la misma forma en que se hizo con la caldera, analizaremos la propuesta del proveedor (Zurn Industries)

4.1) Tubos

Tipo de tubos.

Para aumentar la eficiencia de la transmisión de calor, proponen tubos aletados. Puesto que consumiremos gas natural, no tendremos ninguna dificultad con la operación de las aletas. Este diseño provoca mucha acumulación de ceniza cuando se usa combustóleo, dificultando la transferencia de calor y causando corrosión al combinarse con la humedad.

Especificaciones de la tubería

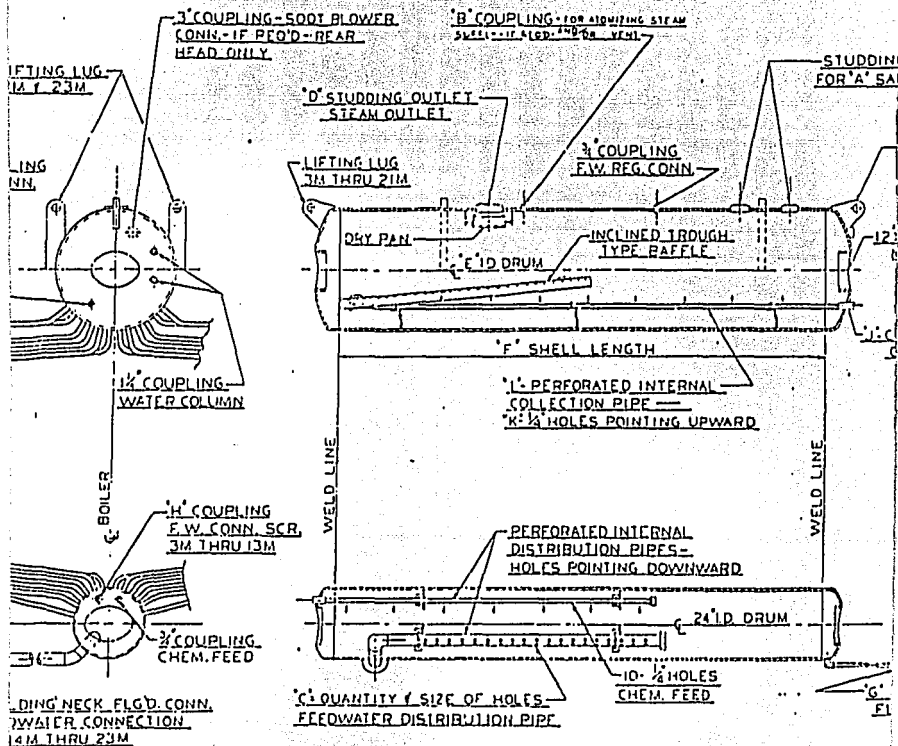
Diam. tubos	50.8 mm x 2.67 mm esp (2" x 0.105" esp)
Material	SA-178-A
Presión de diseño	31.5 kg/cm ²
Temperatura de operación	371 °C

Verificaremos de acuerdo a ASME

FIG. 3

UPPER & LOWER
DRUM DETAILS
"M" SERIES KEYSTONE UNITS

ENGINEERING
STANDARDS
DATE 10-
APPROVED



NOTE:

SIZES SHOWN FOR STEAM OUTLET, D" SAFETY VALVE CONNECTION ARE SUITABLE FOR SPECIFIED (S) APPROXIMATE OPERATING STEAM

$$t = ((PD)/(2S+P)) + 0.005D + e$$

$$t = ((31.5*5.08)/(2*805.3+31.5))+0.005*5.08+0.015 = 0.137 \text{ cm}$$

$$t = 1.37 \text{ mm } (0.050")$$

Espesor extra:

$$2.67 - 1.37 = 1.3 \text{ mm}$$

El espesor de nos permite un suficiente tolerancia para corrosión.

2.5) VENTILADOR Y CHIMENEA

El tiro natural se usa en calderas pequeñas sujetas a una carga muy y constante. Nuestra caldera por su gran tamaño, carga variable, y necesidad de rápida respuesta a la demanda, necesita tiro mecánico, que en este caso será tiro forzado, ya que necesitamos presión de aire positiva en el hogar. El tiro inducido se coloca al final de la chimenea, y reduce la presión de aire en el hogar abajo de la atmosférica, situación que no es útil en nuestro caso.

El conjunto ventilador-chimenea es un factor muy importante para la adecuada combustión, aunque en las calderas con tiro forzado, el papel de la chimenea se limita a ser un conducto de descarga de gases hasta un lugar donde no representen molestias o peligro. Ver fig. 7.

La hoja de comportamiento anticipado de la caldera nos indica que se requieren de 77,295 kg aire/h para la combustión al 100% de carga. Estos requerimientos están basados en un 15% de exceso de aire. Este exceso de aire es necesario para disminuir los riesgos de explosión debido a combustión pobre en oxígeno. Cantidades mayores al 15% de exceso de aire bajan un poco la eficiencia de la caldera, ya que parte del calor de combustión lo absorbe el aire en exceso, y se gastan más HP en el ventilador.

De la misma hoja podemos sacar otro dato importante, que es la caída de presión de aire, 8.51 cm columna de agua.

El ventilador propuesto tiene las siguientes características:

FIG. 4



ZURN INDUSTRIES, INC.
ENERGY DIV.
ERIE, PA. U.S.A. 16512

GENERAL ARRANGEMENT
KEYSTONE STEAM GENERATOR
"M" SERIES 14M THRU 23M

ENGINEERING
STANDARDS
DATE 7-8-77
APPROVED *RVS*

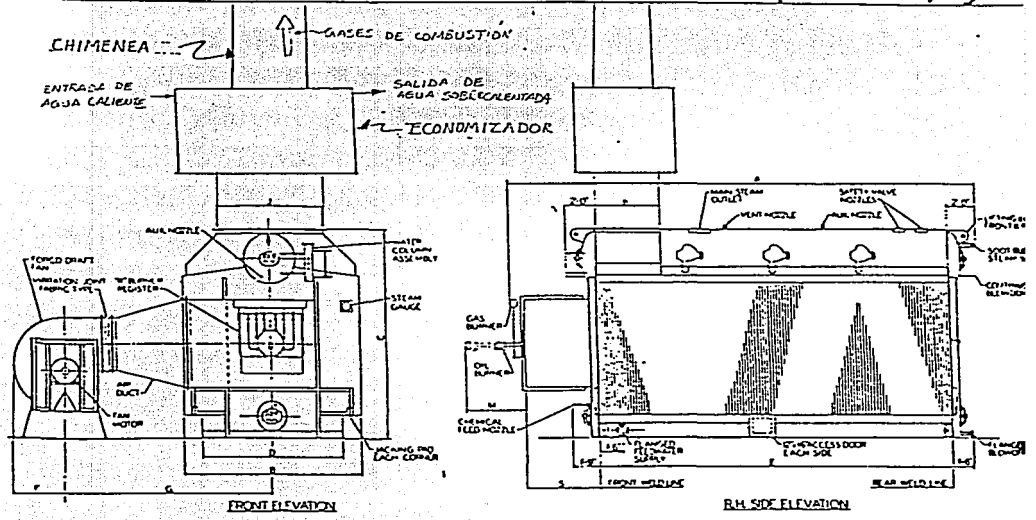
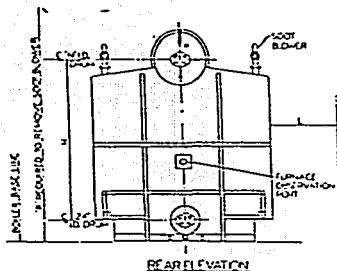


FIG. 5



BOILER SIZE	14M	15M	16M	17M	18M	19M	20M	21M	22M	23M
A) OVERALL LENGTH	25'-9"	28'-3"	30'-5"	31'-5"	33'-0"	35'-0"	38'-0"	40'-0"	42'-6"	45'-6"
B) OVERALL WIDTH	11'-6"	11'-6"	12'-0"	12'-0"	12'-0"	12'-0"	12'-0"	12'-0"	12'-2"	12'-2"
C) OVERALL HEIGHT	13'-11 1/2"	13'-11 1/2"	14'-5 1/2"	14'-5 1/2"	14'-5 1/2"	14'-5 1/2"	14'-5 1/2"	14'-5 1/2"	15'-5 1/2"	15'-5 1/2"
D) BASE WIDTH	9'-0"	9'-0"	9'-6"	9'-6"	9'-6"	9'-6"	9'-6"	9'-6"	9'-6"	9'-6"
E) SHELL LENGTH	20'-5"	22'-1"	24'-1"	25'-1"	26'-1"	28'-1"	31'-1"	33'-1"	34'-5"	35'-5"
F) OVERFLOWED DRAFT PAN	2'-5"	3'-0"	3'-0"	3'-4"	3'-4"	3'-4"	3'-4"	3'-4"	3'-8"	4'-0"
G) GAS PAN MAJOR	14'-6"	14'-0"	14'-6"	14'-0"	14'-0"	14'-0"	14'-0"	13'-6"	13'-6"	13'-0"
H) 4 TO C DIMS	10'-4"	10'-4"	10'-10"	10'-10"	10'-10"	10'-10"	10'-10"	10'-10"	11'-6"	11'-6"
J) GAS OUTLET WIDTH	5'-7"	5'-7"	7'-3"	7'-3"	7'-3"	7'-3"	7'-3"	7'-3"	7'-6"	7'-6"
K) GAS OUTLET LENGTH	3'-8"	3'-8"	4'-4"	4'-4"	4'-4"	4'-4"	4'-4"	4'-4"	5'-2"	5'-2"
L) TUBE REMOVAL DISTANCE	4'-3"	4'-3"	4'-6"	4'-6"	4'-6"	4'-6"	4'-6"	4'-6"	4'-6"	4'-6"
M) GAS BURNER REMOVAL	8'-6"	8'-6"	8'-6"	8'-6"	8'-6"	8'-6"	8'-6"	8'-6"	10'-6"	10'-6"
N) STEAM DRUM INSIDE DIA.	42"	42"	42"	42"	42"	42"	42"	42"	42"	42"
O) SOOT BLOW CLEARANCE	21'-1"	21'-1"	22'-6"	22'-6"	22'-6"	22'-6"	22'-6"	22'-6"	24'-5"	24'-5"
P) TUBER SIZE	26	28	30	30	30	32	34	34	36	36
Q) WINDBOX DEPTH	3'-2 1/2"	3'-2 1/2"	3'-2 1/2"	3'-2 1/2"	4'-6"	4'-6"	4'-6"	4'-6"	4'-11 1/2"	4'-11 1/2"
R) SOOT BLOWERS PERIOD	4	4	6	6	6	6	6	6	6	6
S) STEAM OUTPUT P. LBS. HR.	720	800	950	1000	1050	1115	1250	1370	1500	1650
T) SHIPPING WEIGHT P.S.	700	750	850	900	950	1050	1050	1100	1300	1500

NOTES:

SHIPPING WEIGHT AND OVERALL HEIGHT IS BASED UPON 200LB. DESIGN
STEAM OUTPUT IS BASED UPON KDB-100.0

INDEX

KDB-2.0

Q _____	1161 m ³ /min
Peso _____	79394 Kg/min
T _____	27 °C
Presión estática _____	647 mm c. a.
RPM _____	1765
Hp de operación _____	220
Tipo _____	Centrifugo, álabes curvados hacia atrás
Control de flujo _____	Deflectores en la succión
MSNM _____	1000 m

Es importante aclarar que la hoja de trabajo de la caldera y las especificaciones del ventilador consideran una altura sobre el nivel del mar (MSNM) de 1000 m. Guadalajara se encuentra a 1460 MSNM, por lo que se debe hacer un pequeño ajuste debido a variación en la densidad del aire.

La presión manométrica varía directamente con la densidad del aire, de acuerdo a la octava ley de semejanza de los ventiladores, y disminuye el 1% aproximadamente por cada 100 metros que subimos en altura.

Nos encontramos 460 metros arriba del nivel de referencia, por lo que nuestra densidad disminuirá 4.6%, y por lo tanto la presión generada.

Presión corregida:

$$647.17 (1-0.046) = 617 \text{ mm c.a.}$$

La caída de presión total de la caldera trabajando a plena carga es de 549 mm c.a., por lo que nuestro ventilador cubre el rango máximo, con un margen extra de 12%.

$$617/549 = 1.12$$

2.6) VALVULAS

Existe un mínimo de válvulas que deben ser suministrados con la caldera para obtener una operación segura de ésta e indispensables para conectarse a los servicios que la misma demandará. Ver diagrama en fig. 4.

A continuación describiremos los accesorios que el proveedor incluye en la propuesta.

- 1) Columna de nivel iluminada con alarma de alto y bajo nivel,

con manómetro.

Es un accesorio indispensable para la seguridad de la caldera. Proporciona una indicación visual del nivel real de la caldera además de las alarmas mencionadas. Deberá contar con válvulas de cierre y de purga.

2) Válvula principal de cierre de vapor no retorno.

Es una combinación de válvula de cierre y de no retorno, para prevenir contrapresiones de la línea de vapor hacia la caldera.

3) Válvulas de seguridad del domo superior.

Para evitar sobre presiones en la caldera. Son indispensables a pesar de otras protecciones y alarmas electrónicas. Se debe calibrar a la presión operativa máxima.

4) Válvula de seguridad para el sobrecalentador.

Es necesario tener una válvula de alivio independiente para el sobrecalentador, de esta forma existe mayor seguridad ante una emergencia.

5) Válvulas de venteo de aire del domo superior.

Son necesarias para desalojar el aire de la caldera cada vez que se vacía este y cuando se llena por un nuevo arranque.

6) Válvula de venteo de aire para el sobrecalentador.

Necesaria para el arranque de la caldera.

7) Válvulas en tandem para purgas.

Necesarias para controlar el desalojo de sólidos y espumas en el domo superior. Se colocan dos válvulas en serie o tandem para seguridad en la operación, evitando que se baje el nivel de la caldera si accidentalmente se opera una de ellas.

8) Válvula de purga del sobrecalentador.

Se necesita para desalojar toda el agua, ya que de otra forma podría dañar al equipo una vaporización repentina del agua estancada durante el arranque.

9) Sistema de agua de alimentación

Consta de una válvula de globo neumática y su respectivo by-pass con válvulas de cierre y válvula de control manual.

10) Válvulas para dosificar químicos.

Necesaria para conectar la descarga de la bomba alimentadora de fosfatos.

CAPITULO III

SELECCION DE EQUIPOS AUXILIARES

3.1) DEAREADOR

De acuerdo con las condiciones de operación determinadas en el capítulo 1, tenemos dos tipos de deareadores entre los que podemos optar, que son el de bandejas y el de atomización.

Como ya se mencionó en el diagrama de flujo, la deaeración del agua es necesaria debido a que el oxígeno disuelto en ésta, provoca corrosión en el interior de la caldera debido a las altas temperaturas de operación. Otros gases que con frecuencia se encuentran disueltos en el agua, pero en menor cantidad son el bióxido de carbono y el amoníaco.

3.1.1) Tipos de deareadores

a) Deareador de bandejas o charolas, fig 6.

El agua se calienta a una temperatura de 100 °C, que es cercana a la de vapor saturado, 115 °C, para una presión de operación de 0.7 kg/cm², (1.7 kg/cm² abs) lo que ayuda a la separación de los gases. Lo ideal sería calentar el agua hasta los 115 °C, pero en la práctica, temperaturas mayores a los 100 °C provocan muchos problemas de cavitación en las bombas de agua de alimentación a la caldera, o nos obligan a usar estructuras más altas para ubicar el deareador, incrementando notablemente el costo. Este punto es valioso para los dos tipos de deareadores.

El calentamiento se logra por el contacto entre la caída del agua a través de las charolas, y el vapor que se alimenta a contracorriente.

El exceso de vapor arrastra hacia el condensador todos los gases, escapando éstos hacia el exterior y condensándose la mayor parte del vapor en el interior del deareador.

El agua deaerada se almacena en un tanque inferior.

FIG. 6

DEAREADOR DE BANDEJAS

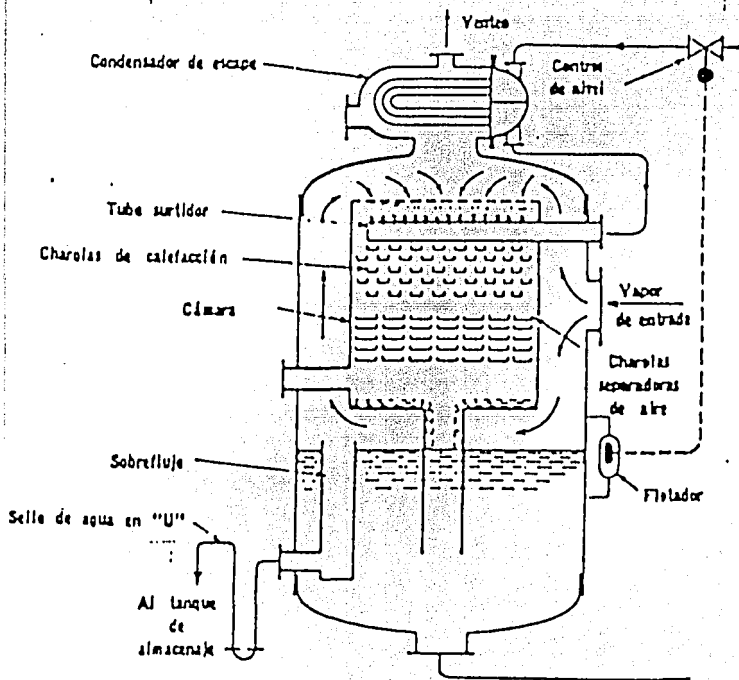
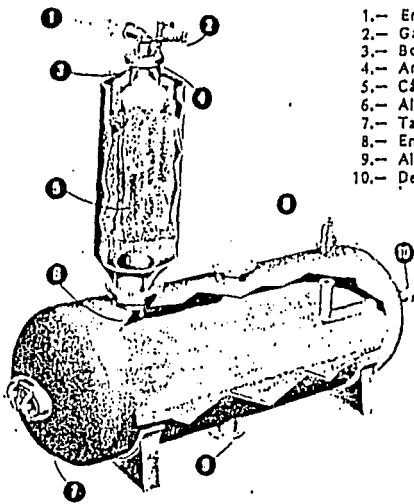


FIG. 7

DEAREADOR DE ESPREAS



- 1.- Entrada de Agua
- 2.- Gases Incondensables
- 3.- Boquilla de Aspersión
- 4.- Area de Condensación
- 5.- Cámara de Contrafujo Agua Vapor
- 6.- Almacenamiento Agua Desgasificada
- 7.- Tanque Almacén
- 8.- Entrada Vapor
- 9.- Al Servicio
- 10.- Derrame

b) Deareador tipo espereas, fig 7.

El agua que se suministra es atomizada en la parte superior mediante espereas, y de esta manera se pone en contacto con el vapor que sube a contracorriente. La alta temperatura que alcanza el agua provoca que se separen los gases disueltos, que son arrastrados hacia un condensador de vapor, dejando escapar hacia la atmósfera una pequeña cantidad de vapor y a los gases incondensables.

El agua se almacena en la parte inferior del deareador, donde se burbujea con vapor para mantener la alta temperatura y lograr la máxima desgasificación. Hay que recordar que el agua a 27 °C puede contener 8 veces más oxígeno que a 93 °C. La solubilidad también es proporcional a la presión, por ejemplo, el agua a 27 °C contiene 5.5 veces más oxígeno cuando esta a 1.7 kg/cm² abs., que cuando esta a 0.34 kg/cm², abs., por lo que se pretende aprovechar este fenómeno, de tal forma que estos equipos operan a una presión manométrica máxima de 0.7 kg/cm, que representa lo indispensable para lograr un contraflujo violento agua-vapor y un adecuado burbujeo.

La presión de diseño será entonces:

Presión máxima de operación * 1.5, para cumplir con la recomendación de ASM.

$$0.7 \times 1.5 = 1.05 \text{ kg/cm}^2$$

3.1.2) Selección del tipo de deareador.

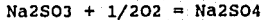
Los deareadores tipo bandejas se usan en instalaciones donde se garantiza en cualquier tiempo el suministro de agua muy pura, ya que de otra forma, se tendrían incrustaciones o lodos en las bandejas, lo que bajarían su eficiencia.

El deareador tipo espereas tolera más las variaciones de la calidad del agua, en cuanto a dureza o turbidez, ocupa menos mantenimiento ya que no tiene charolas y es más económico. Estos factores nos inclinan a seleccionar este modelo.

3.1.3) Tratamiento interno del agua.

Después de que el agua es atomizada y que el vapor arrastra los gases, ésta se almacena en el tanque inferior, donde se burbujea con vapor para mantener alta su temperatura de manera que continúe liberando gases disueltos.

Sin embargo, lo anterior no es suficiente, ya que en todos los deaeradores permiten un cierto oxígeno residual en el agua que sólo puede ser eliminado mediante tratamiento químico. Este tratamiento consiste en agregar sulfito de sodio, que reacciona con el oxígeno disuelto, evitando que entre a la caldera y que provoque corrosión a altas temperaturas. La reacción química que ocurre es la siguiente:



Así obtenemos sulfato de sodio, que no es dañino para la caldera y eliminamos el oxígeno residual disuelto.

3.1.4) Capacidad del tanque almacén

Se recomienda que se tenga de reserva un volumen de agua que pueda alimentar a la caldera durante 10 minutos. El objetivo es que se tenga suficiente tiempo para hacer maniobras en el caso que falle el suministro de agua al deaerador. Con el agua del tanque almacén podemos alimentar por un tiempo la caldera sin peligro de dañarla por un repentino bajo nivel.

Agua consumida durante 10 minutos:

$$68.18 \text{ ton/h} * (10/60) = 11.36 \text{ ton}$$

Tal cantidad ocupa un volumen aproximado de 11.36 m³.

El tanque almacén se opera hasta la mitad de su nivel para mantener con vapor la otra mitad para efectos de la deaeración. El diseño varía entre los fabricantes de los equipos, pero muchos de ellos emplean una relación longitud/diámetro, L/D = 3. Basados en lo anterior podemos calcular en forma muy aproximada las dimensiones del tanque.

$$V = (\pi * D^3 / 4) * L$$

Sustituyendo L = 3D, y despejando D de la fórmula, obtenemos:

$$D = \sqrt[3]{4V/3\pi}$$

$$D = \sqrt[3]{(4 * 11.36) / 3\pi} = 2.128 \text{ m}$$

$$D = 2.13 \text{ m}$$

$$L = 3 * 2.13 = 6.39 \text{ m}$$

3.1.5) Espesor del tanque

Se construirá el equipo con placa de acero SA-515-70, y ya que su operación es a baja presión, el fabricante sólo tomará un spot de radiografía en cada línea de soldadura, por lo que $E = 0.80$

Aplicando la fórmula del código ASME obtenemos:

$$t = PD / (SE + 2yP)$$

$$t = (1.05 \cdot 213) / (1162 \cdot 0.80 + 2 \cdot 0.4 \cdot 1.05) = 0.24 \text{ cm}$$

$$t = 2.4 \text{ mm}$$

Como la presión es muy baja, el espesor mínimo requerido es muy pequeño, por lo que las condiciones estructurales son las que definirán el espesor de fabricación.

Los fabricantes seleccionan un espesor de 7.9 mm (5/16") para lograr una suficiente rigidez en el tanque almacén.

3.1.6) Válvulas y accesorios

Deberá contar con los siguientes accesorios:

- 1) Válvula de seguridad
- 2) Válvula rompedor
- 3) Columna de nivel con interruptores de alto y bajo nivel
- 4) Línea de derrame por alto nivel
- 5) Líneas de entrada de vapor y agua
- 6) Líneas de salida de gases y salida de agua.

3.1.7) Ubicación del equipo

El deareador se instala en una estructura a cierta altura sobre las bombas de agua de alimentación de la caldera. Esto con el fin de que la columna de agua evite la cavitación de las bombas por la alta temperatura del agua. La altura de la estructura se determinará cuando seleccionemos tales bombas.

3.2) SUAVIZADOR DE AGUA

El agua para el suavizador se toma de la cisterna de agua filtrada general.

El agua que se utiliza presenta las siguientes características:

Dureza expresada en ppm de CaCO_3 : 237

Existen varios procesos para eliminar la dureza en el agua, que a continuación analizaremos:

a) Suavización

Se basa en el principio de intercambio iónico ciclo sódico, utilizando zeolitas sintéticas. Es un sistema económico y de fácil operación. Tiene la desventaja que no reduce la alcalinidad.

b) Desmineralización

Este proceso además de que reduce la dureza a cantidades relativamente pequeñas, remueve prácticamente toda la materia mineral del agua, así como el silice. Por otra parte, aumenta el Ph, y el equipo y la operación son más costosos que en el caso de la suavización.

La desmineralización es muy adecuada para calderas de alta presión.

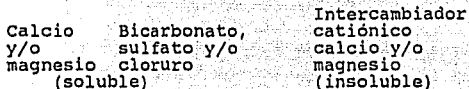
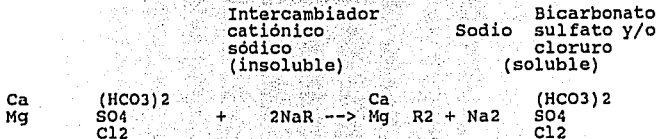
c) Destilación

Mediante este proceso podemos obtener aguas prácticamente libre de dureza y de minerales disueltos. Se usa principalmente en calderas que operan a muy alta presión, como plantas termoeléctricas, donde la recuperación de condensados representa más del 95 %. Su costo es mayor que la desmineralización.

El tratamiento más adecuado es la suavización por intercambio iónico en ciclo sódico es el más adecuado porque es capaz de entregarnos la calidad de agua requerida, además de tener bajo

costo y facilidad de operación.

El lecho de los intercambiadores es de zeolita natural o sintética, que son compuestos orgánico sulfurados donde se efectúa un intercambio de iones y cationes de la siguiente forma:



Los carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio, con la temperatura de la caldera producen sales de carbonatos que provocan incrustaciones.

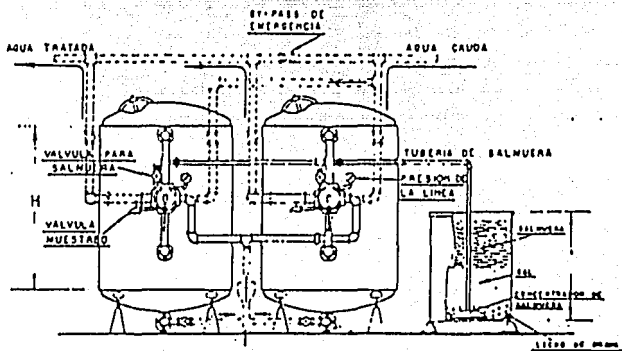
Los sulfatos y cloruros de calcio y magnesio originan sales de dureza temporal, o no carbonatada, que se precipita como lodos y no provoca incrustaciones.

Los suavizadores tipo sodio remueven los iones que forman incrustaciones o sea el calcio y el magnesio sustituyéndolo por una cantidad equivalente de iones de sodio. Las sales de sodio que no producen dureza son el carbonato y el bicarbonato de sodio y el cloruro y sulfato de sodio, ver fig. 8.

Quando la capacidad del intercambiador catiónico para producir agua completamente blanda se agota, se elimina temporalmente de servicio y se retrolava para limpiarlo y regenerarlo. La regeneración se logra por medio de una solución de sal común que elimina el calcio y el magnesio en forma de sales solubles de cloro y simultáneamente cambia al intercambiador catiónico a su estado de sal sódica. Las reacciones de la regeneración se indican de la siguiente forma:

FIG. 8

“SUAVIZADOR DE AGUA DUPLEX”



64690 ppm/kg resina

Por lo que la cantidad necesaria es:

$$96951960/64690 = 1499 \text{ kg}$$

La densidad relativa de la resina es 0.82, por lo que su volumen será:

$$1499/0.82 = 1828 \text{ l}$$

Encontramos que el flujo que permite esta resina es de 325.92 l/m², por lo que el área es:

$$284 \text{ lpm} / 325.92 \text{ lpm} = 0.87 \text{ m}^2$$

El diámetro del equipo lo calculamos:

$$D = 4A/\pi = 0.87 \cdot 4/\pi = 1.052 \text{ m}$$

Profundidad de la cama:

$$1.828 \text{ m}^3 / 1.052 \text{ m} = 1.737 \text{ m}$$

Se recomienda un volumen extra de 75 % de la cama para expansión de la resina, por lo que la altura total será:

$$1.737 \times 1.75 = 3.04 \text{ m}$$

De esta forma, las dimensiones aproximadas del equipo son:

1.05 m de diámetro por 4.04 m de altura.

Los flujos y velocidades recomendados son para obtener una caída máxima de presión de 0.6 kg/cm².

3.3) SELECCION DEL EQUIPO DE BOMBEO

De acuerdo a las condiciones de operación señaladas en el capítulo 1, seleccionaremos las bombas que nuestro proceso necesita.

Para realizar los cálculos tomaremos los arreglos de tuberías y equipos que se muestran en el capítulo 4. Decidimos agrupar todos los dibujos de arreglos de tuberías en el capítulo 4 que es

donde trata de la distribución de equipos y el arreglo de tuberías, aún cuando también los usamos en este capítulo para los cálculos de las bombas.

3.3.1) Criterios para bombas centrifugas.

Las bombas centrifugas se usan para manejar altos caudales y presiones bajas o medias en fluidos de densidad y viscosidad bajas. Es el caso de el manejo de el agua suave y los condensados en todas sus etapas. Para alimentar la caldera se requiere alta presión, que se logra con una bomba multipasos que tiene varios impulsores montados en la flecha, incrementando en seria la presión de un impulsor a otro.

Las bombas serán seleccionadas de acuerdo a los siguientes conceptos:

Usaremos la segunda expresión de la altura manométrica del libro "Mecánica de Fluidos" de Claudio Mataix:

$$H_m = (P_2 - P_1) / \rho g + Z_2 - Z_1 + H_{ra} + H_{ri} + V^2 / 2g$$

Para el cálculo de las pérdidas usaremos el método de la longitud equivalente.

$$H_r = \beta (L + L_e) (V^2 / 2g) / D$$

El término L_e lo obtendremos del nomograma de Crane.

Para obtener la potencia de accionamiento usaremos la siguiente fórmula:

$$N_a = (Q \cdot H_t \cdot \rho g) / 75 n_t$$

Donde n_t es el rendimiento total, producto de la eficiencia hidráulica, volumétrica y mecánica.

$$n_t = n_h \cdot n_v \cdot n_m$$

Tomaremos como criterio para seleccionar el diámetro de las tuberías de succión y descarga de las bombas, las recomendaciones experimentales que sugieren velocidades entre 2.8 y 3.1 m por segundo para las líneas de descarga, y de 1 a 2 m por segundo en las de succión.

Se ha determinado experimentalmente que que a estas velocidades encontramos un diámetro de tubería económico. Para manejar el líquido a velocidades menores necesitamos aumentar el diámetro de la tubería, pero se ha comprobado que abajo de estas velocidades las diferencias en la pérdida de carga debida al aumento del el diámetro de la tubería no son lo suficientemente grandes para justificar el incremento en costo de la tubería de

mayor diámetro. Para referencia ver anexo 20, correspondiente al manual Crane.

3.3.2) Bombas de agua filtrada a suavizador.
Ver diagrama de tubería en la pag. 93.

Diseñaremos un arreglo de dos bombas, para alternar periódicamente su uso y para tener una bomba de respaldo en caso de falla.

$$Q = 17,050 \text{ l/h (75 GPM)}$$

Usaremos un factor de seguridad de 20 % para compensar ineficiencia de la bomba por desgaste y requerimientos no previstos o futuros hasta cierto límite.

$$Q = 17,050 * 1.2 = 20,460 \text{ l/h} = 0.00568 \text{ m}^3/\text{seg}$$

+Diámetro en la línea de descarga

Para calcular el área necesaria usaremos una velocidad de 3 m/seg.

$$Q = A * v \quad A = Q/v$$

$$A = 0.00568/3 = 0.0019 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{(4A/\pi)} = \sqrt{(4 * 0.0019/\pi)} = 0.049 \text{ m} = 4.9 \text{ cm}$$

La tubería de 2 plg., cédula 40 tiene un diámetro interior de 4.925 cm, por lo que es el seleccionado para la línea de descarga.

+Diámetro en la línea de succión

$$A = Q/v = 0.00568/1.5 = 0.00379 \text{ m}^2$$

$$d = \sqrt{(4A/\pi)} = \sqrt{(4 * 0.00379/\pi)} = 0.069 \text{ m}$$

$$d = 7.9 \text{ cm}$$

La tubería de 3" tiene un diámetro interior de 7.79 cm, lo que satisface nuestras necesidades.

Para calcular la altura manométrica total usaremos una fórmula derivada del teorema de Bernoulli:

$$H_m = (P_2 - P_1)/\rho g + Z_2 - Z_1 + H_{ra} + H_{ri} + V^2 d / 2g$$

Procederemos a obtener cada uno de los términos:

$(P_2 - P_1)/\rho g = 0$ Porque el tanque de donde succiona y hacia donde descarga están a presión atm.

$Z_2 - Z_1 = 4$ Ya que la diferencia entre los niveles de succión y descarga.

H_{ra} Usaremos la fórmula:

$$H_r = \beta (L + L_e) (V^2 / 2g) / D$$

Los accesorios en la succión (3")

+ Pérdidas en la succión

	Longitud equivalente m
1 boca de entrada 3"	2.5
1 válvula de compuerta 3"	0.50
2 metros tubería recta	2.0
1 tee	5.00
1 codo	2.2
total	13.2 m

De la tabla de rugosidad para tubería obtenemos el factor para tubería de acero soldada: factor $K = 0.01 \text{ cm}$

$$\text{Rugosidad relativa} = K/D = 0.01/7.79 = 0.0012$$

Calculamos el número de Reynolds:

$$R = Vd/\nu$$

$$R = 1.5 * 0.079 / (1.007 * 10^{-6})$$

$$R = 116034$$

Verificando en el diagrama de Moody, Anexo 2, encontramos que se encuentra en la zona de flujo laminar, y el valor de β es:

$$\beta = 0.022$$

Ahora podremos calcular las pérdidas en la tubería de succión.

$$H_{ra} = 0.022(13.2/0.079)(1.5^2/2 \times 9.8) = 0.427 \text{ m}$$

$$H_{ra} = 0.427 \text{ m}$$

+Pérdidas en la descarga

$$H_{ri} = \beta(L+L_e)(V^2/2g)/D$$

Los accesorios en la descarga (2"):

	Longitud equivalente m
1 válvula de retención	3.40
1 valv. compuerta abierta	0.34
25 metros tubería recta	25.00
1 válvula derivadora	10.00
4 tee	13.80
8 codos 90°	8.00
	<hr/>
total	60.54 m

De la tabla de rugosidad para tubería obtenemos el factor para tubería de acero soldada: factor $K = 0.01 \text{ cm}$

$$\text{Rugosidad relativa} = K/D = 0.01/4.90 = 0.002$$

Calculamos el número de Reynolds:

$$R = Vd/\nu$$

$$R = 3 \cdot 05 / (1.007 \cdot 10^{-6})$$

$$R = 148957$$

Encontramos en el diagrama de Moody que el flujo es laminar, y el valor de β es:

$$\beta = 0.024$$

Con este factor procedemos al cálculo de las pérdidas en la

tubería de descarga:

$$H_{ri} = 0.024(60.54/0.049)(3'/2*9.8) = 13.60 \text{ m}$$

$$H_{ri} = 13.60 \text{ m}$$

Por información del fabricante sabemos que en el suavizador vamos a tener una caída máxima de presión de 1.20 kg/cm², según estimación de los fabricantes del equipo. Este valor lo tendremos que agregar a las pérdidas en la descarga.

$$1.20 \text{ kg/cm}^2 = 12 \text{ mca}$$

$$H_{ri} = 13.69 + 12 = 25.69 \text{ m}$$

Añadimos un 15% para compensar pérdidas por ensuciamiento de la tubería, cambios no previstos, etc.

$$H_{ri} = 25.69 * 1.15 = 29.54 \text{ m}$$

+Pérdidas totales

$$H_t = H_{ri} + H_{ra} + Z_2 - Z_1 = 33.967 \text{ m} \quad (112 \text{ ft})$$

+Potencia de accionamiento

$$N_a = Q * H_t * \rho_e / 75 \text{ e ft} \quad (\text{HP})$$

$$Q = 0.00568 \text{ l/seg}$$

$$\rho_e = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Estimamos las siguientes eficiencias:

Ef. eléctrica 90 %

Ef. mecánica 75 %

Ef. hidráulica 65 %

Eficiencia total:

$$e_{ft} = 0.92 * 0.75 * 0.65 = 0.45$$

$$N_a = (0.00568 * 1000 * 33.967) / (75 * 0.45) = 4.64 \text{ HP}$$

Na = 4.64 HP

Este es un valor de referencia muy aproximado, pero el la potencia real de la bomba, eficiencia, y NPSH, lo obtendremos de las curvas de comportamiento experimentales que suministran los fabricantes de bombas.

Usaremos el manual de Worthington por ser un fabricante de reconocido prestigio y porque constre los diversos tipos de bombas que requerimos para este proyecto.

En la fig no.... podemos observar la curva de una bomba tipo D-820 , 3"x2" (3" diámetro en la succión y 2" en la descarga), con un impulsor cerrado de 10" diam., a 1750 rpm.

Seleccionamos 1750 rpm porque nuestra altura manométrica no es muy grande. Cuando se presenta este caso, conviene más escoger 3550 rpm.

El impulsor cerrado es más eficiente, por lo que lo seleccionamos para esta aplicación. Cuand existe peligro de que algunas impurezas queden atrapadas en el impulsor, se opta por impulsor abierto.

En el eje horizontal localizamos el caudal y en vertical la altura manométrica. Localizamos nuestros valores, y en el punto de intersección encontramos que nuestra bomba demanda una potencia aprox. de 5 HP, que es muy próximo a lo que calculamos por lo que seleccionamos un motor de 7.5 HP.

Encontramos también que la eficiencia de la curva es muy cercana a la supuesta.

+NPSH

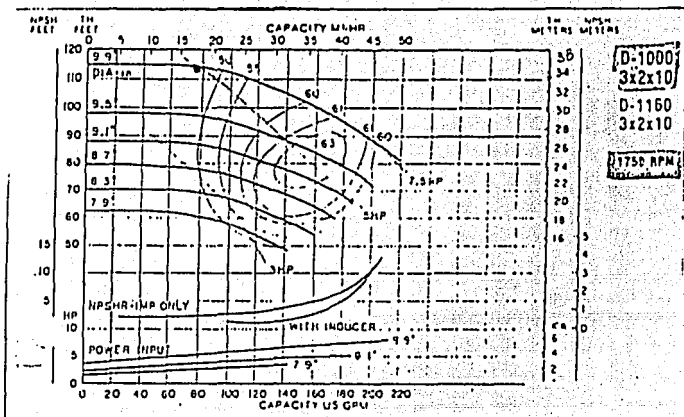
Estas letras vienen del término en inglés Net Positive Suction Head, altura neta positiva de succión.

Est término representa la cantidad de energía que tiene el líquido a la entrada de la bomba.

En la curva de la bomba encontramos la curva NPSHR, donde el la letra R significa requerido, o sea que es la energía del líquido que la bomba necesita para operar satisfactoriamente, esto es, para llenar la bomba en el lado succión y superar las pérdidas de fricción desde la conexión de la succión hasta la bomba, donde se transmite la energía. Es una característica de la bomba, por lo que varía con el diseño, tamaño y condiciones de operación.

NPSH es lo determina la instalación, por lo que procederemos a calcularlo.

FIG. 9



La energía en punto 1, fig no.14 es:

Energía: $Z_1 + P_1 - P_v + (V^2/2g) - H_{ra}$

Como el tanque presenta una gran área en la superficie comparada con el área del tubo de succión, la velocidad a la que desciende el nivel es despreciable, $V^2/2g = 0$.

La presión de vaporización a 20° C es 0.0254 kg/cm². Este término es muy importante cuando se trabaja a altas temperaturas, ya que puede provocar cavitación.

Energía en 1 = $2.15 + (1.03 - 0.254) 10 - 0.427$

E1 = 11.763 mca

NPSH = 11.763 mca

En la curva de Worthington, encontramos que el NPSHR es de 1 mca. Nuestra instalación tiene disponible 11.763 mca, por lo que es adecuada.

3.3.3) BOMBAS DE AGUA DE ALIMENTACION A CALDERAS

Ver diagrama de tuberías en pag. 100.

Calcularemos ahora las bombas de envío a la caldera y al mismo tiempo determinaremos la altura del deareador.

Caudal máximo a manejar:

68.18 m³/hr = 0.0189 m³/seg

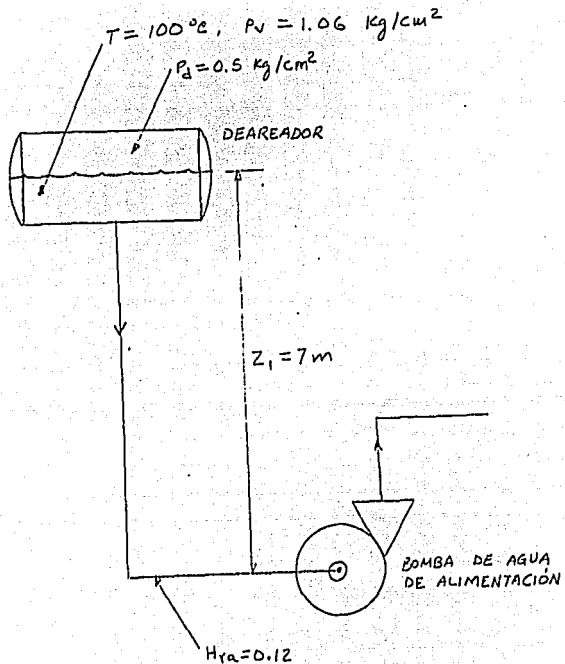
Sabemos que vamos a manejar una temperatura del agua muy alta, con lo que aumentan las posibilidades de cavitación. Por eso es muy importante hacer primeramente una evaluación del NPSH requerido para determinar la altura de columna de agua necesaria en la succión de la bomba, y así obtendremos la altura de operación del deareador, y así estimar el modelo de bomba más apto. Por lo tanto, como primer paso verificaremos el NPSH.

Para garantizar una entrada libre de agua en la caldera, y evitar cualquier riesgo de contrapresión se recomienda que en calderas de mediana presión se aumente a la altura manométrica requerida por la bomba 4 kg/cm² (40 mca) para calcular correctamente la potencia.

Por lo tanto, la altura manométrica estimada será:

FIG. 10

POSICION DEAREADOR/ BOMBA AGUA DE ALIMENTACIÓN



Presión de operación de la caldera:	18 kg/cm ²
Pérdidas estimadas:	4 kg/cm ²
Factor de seguridad:	4 kg/cm ²
	26 kg/cm ²
total	260 mca

Una altura manométrica tan grande no se puede lograr con una bomba centrífuga convencional. Las bombas adecuadas son las tipo turbina o multipasos, que consisten en varios impulsores sobre el eje de la bomba, que en serie, van elevando la presión.

**Debido a la importancia del término NPSH para la instalación de esta bomba, haremos un cálculo preliminar estimando una altura de una plataforma para el deareador de 7 m de altura. Por lo que analizaremos primero la línea de succión.

+Diámetro en la tubería de succión

$$A = Q/V = 0.0189/1.5 = 0.0126 \text{ m}^2$$

$$d = \sqrt{4 \cdot 0.0126 / \pi} = 0.126 \text{ m}$$

d = 4.96" , el tubo comercial más próximo hacia arriba es 6" diam.

$$d = 15.2 \text{ cm (6")}$$

$$Z_1 = 6 \text{ m}$$

+Pérdidas en la succión

Accesorios	Longitud equivalente
7 metros tubería 6"	7 m
1 valvula de compuerta	1.1 m
	total 8.1 m

Factor k para tubería de acero soldado: 0.1 cm

$$k/D = 0.1/15.2 = 0.0065$$

Número de Reynolds:

$$R = VD/\nu = 1.5 \cdot 0.152 / 1.007 \cdot 10^{-6}$$

$$R = 226415$$

Con los datos anteriores consultamos el diagrama de Moody y encontramos β :

$$\beta = 0.019$$

$$H_{ra} = \beta(L+L_e)(V^2/2g)/D$$

$$H_{ra} = 0.019(8.1/0.152)(1.5^2/2 \cdot 9.8) = 0.12 \text{ m}$$

$$H_{ra} = 0.12$$

+NPSH

$$NPSH = Z_1 + P_1 + (V^2/2g) - H_{ra}$$

$V^2/2g = 0$, porque el área del espejo del deaerador es muy grande comparada con el diámetro de la tubería.

$$Z_1 = 7 \text{ m}$$

La presión mínima de operación del deaerador es de:

$$P_d = 0.5 \text{ kg/cm}^2$$

La presión de vaporización del agua a 100 °C es:

$$P_v = 1.06 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_1 = 1.03 + 0.5 - 1.06 = 0.47 \text{ kg/cm}^2 = 4.7 \text{ mca}$$

$$NPSH = 7 + 4.7 - 0.12 = 11.58 \text{ m}$$

Vamos a comparar este valor contra las tablas del fabricante de bombas.

Para hacer nuestra primera estimación usaremos la tabla no. A-15875 de Worthington para bombas tipo turbina o multipasos, a 3550 rpm, debido a la gran altura manométrica que desarrollará.

Para nuestro caudal y altura, el NPSHR de la bomba es, según la gráfica: 5 m.

Podemos disminuir la altura de la estructura del deaerador de 7 a 5 m, con lo que el NPSH sería de 9.58 m,

quedando con un margen de seguridad muy aceptable.

+Diámetro de la tubería de descarga

$$Q = VA, \quad A = Q/V$$

$$A = 0.0189/3 = 0.0063 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{4 \cdot 0.0063 / \pi} = 0.089 \text{ m}$$

$$D = 8.9 \text{ cm (3.5")}$$

Seleccionamos tubería de 4" diámetro

+Pérdidas en la descarga

Accesorios		Longitud equivalente m
7 codos 90°	2.2	15.4
3 tee	2.2	6.6
1 valv check	6.8	6.8
3 valv compta. ab.	0.7	2.1
1 valv globo	32.00	32.00
12 m tubería	12.00	12.00
	total	74.90

75

Procedamos a determinar β

$k = 0.1 \text{ cm}$ para tuberías de acero soldado

$$k/D = 0.1/10.16 = .0098$$

$$R = VD/\nu$$

$$R = 3 \cdot 0.106 / 1.007 \cdot 10^{-6} = 315789$$

Este número cae en la zona de flujo laminar.

En el Diagrama de Moody encontramos el valor de σ

$$\beta = 0.0019$$

Las pérdidas en la tubería de descarga son:

$$h_{ri} = 0.018(75/0.106)(3/2 \cdot 9.8) = 5.84 \text{ m}$$

+Pérdidas totales

$$Z2 = 3 \text{ m}$$

Presión de operación caldera, 18 kg/cm²

$$H_{\text{caldera}} = 180 \text{ mca}$$

Factor de seguridad, 4 kg, cm²

$$H_{\text{seg}} = 40 \text{ mca}$$

$$H_t = Z2 - Z1 + H_{r1} + H_{r2} + H_{\text{caldera}} + H_{\text{seg}}$$

$$H_t = 3 + 0.77 + 5.84 + 180 + 40 = 229.61 \text{ mca}$$

+Potencia

En la práctica, la potencia real se obtiene directamente de las curvas de comportamiento del fabricante de la bomba, pero haremos un cálculo teórico preliminar para luego compararlo con el resultado de las curvas. Veremos que obtendremos resultados cercanos, pero el mandatorio para seleccionar la bomba será el proveniente de las curvas del fabricante. La razón es que esos datos son experimentales, probando físicamente la bomba a diferentes condiciones de operación, y en cambio nosotros conocemos todos los datos, excepto la eficiencia, a la que le tendremos que dar un valor aproximado basándonos en nuestra experiencia o en recomendaciones de algunos libros. Pero repito, la decisión final se hace en base a lo indicado en las tablas del proveedor de la bomba. En este caso supondremos un 75 % de eficiencia hidráulica, ya que estas bombas trabajan a mayor eficiencia que las bombas centrífugas normales de un sólo paso.

$$E_f \text{ total supuesta} = 0.92 * 0.80 * 0.75 = 55 \%$$

$$N_a = 0.0189 * 1000 * 229.61 / 75 * 0.55 = 105.2 \text{ HP}$$

Revisando la curva WD-32 de Worthington para una bomba multipasos, encontramos que para la capacidad y la altura requeridas, la bomba trabaja en una eficiencia total de 70%, muy superior al 55% supuesto inicialmente. Las curvas nos indican una potencia de 85 HP aproximadamente, por lo que seleccionamos el motor de 100 HP. Cada impulsor de la bomba absorbe 14 HP, por lo que el número de pasos será:

$$85 / 14 = 6.07 \text{ pasos}$$

Por lo tanto nuestra bomba será de 7 pasos.

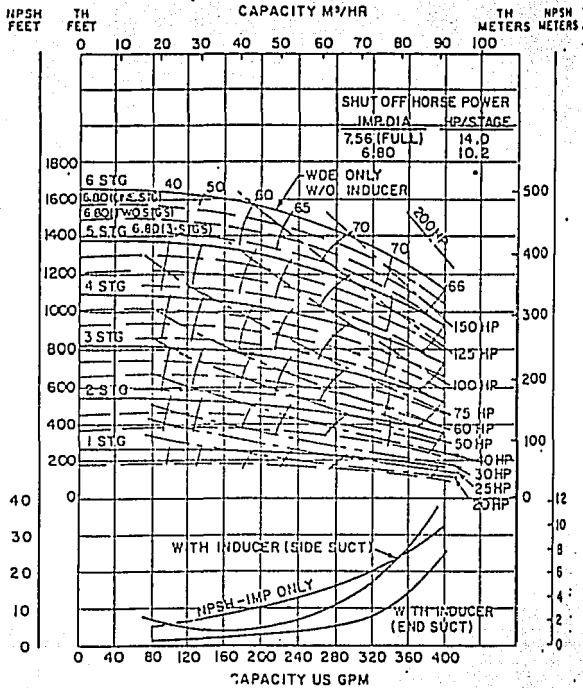
$$7 * 14 = 98 \text{ HP}$$

98 HP será la carga máxima que podrá demandar la bomba.

FIG. 11

WD-32

3554 M7



CURVE A-19475

El cálculo teórico que hicimos resultó ser más elevado debido a que estimamos una eficiencia muy baja de la bomba. Las curvas nos mostraron que la eficiencia es mayor.

3.3.4) BOMBAS DE ENVIO DE AGUA A DEAREADOR

Ver diagrama de tubería en pag. 93.

Una vez determinada la altura de la estructura del deareador, podemos calcular las bombas que lo alimentarán de agua.

El gasto que manejarán estas bombas será la demanda máxima de la caldera, o sea, el mismo de las bombas de agua de alimentación:

$$Q = 66.18 \text{ m}^3/\text{h} = 0.0189 \text{ m}^3/\text{seg}$$

+Diámetros de tuberías

Los diámetros de las tuberías serán de 0.152 m (6") en la succión y 0.102 m (4") en la descarga, como en las bombas de agua de alimentación a calderas.

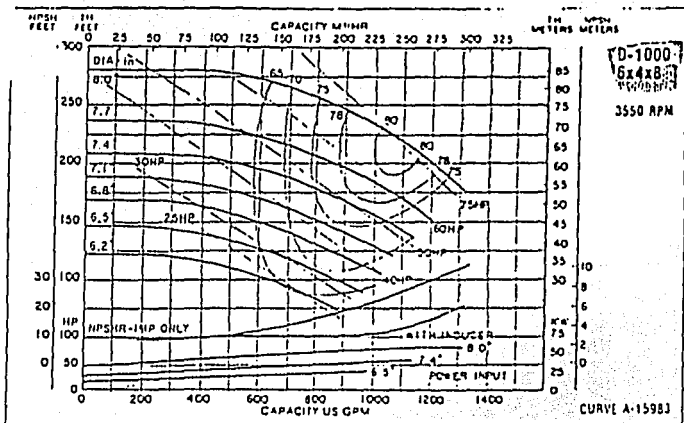
+Pérdidas en la tubería de succión

Accesorios 6" diam.	Longitud equivalente m
1 toma de entrada	4.3
1 Tee	3.1
1 codo 90°	3.1
1 valv. compuerta ab.	1.05
3 m tubería recta	3.00
	<hr/>
total	14.55 m

Tomando como referencia los cálculos anteriores, observamos que los valores de β son menores a 0.025. Esto se debe a que estamos usando las velocidades óptimas, determinadas experimentalmente, que nos garantizan siempre un flujo laminar con un equilibrio adecuado entre velocidad y pérdidas.

Por lo tanto, si usamos siempre velocidades de 1 m/s en la succión y 3 m/s en la descarga, podremos suponer directamente el

FIG. 12



valor de β , usando 0.025 para la succión y 0.030 para la descarga. Estos números tienen un buen margen de seguridad, y podremos tener la certeza de que nunca los sobrepasaremos. De hecho, se publican tablas basadas en estos principios en las que se muestran las pérdidas por cada 100 m de tubería equivalente, para diferentes diámetros con diversos caudales, y en la práctica el lo más común para el cálculo de las pérdidas.

$$H_{ra} = 0.025(14.55/0.152)(1/2*9.8) = 0.122 \text{ m}$$

+Pérdidas en la tubería de descarga

Accesorios 4"	Longitud equivalente m
1 valv. check	6.8
1 valv. compuerta ab.	0.7
1 tee	2.2
6 codos 90°	13.2
50 m tubería recta	50.00
	<hr/>
	total 72.9 m

$$H_{ri} = 0.030(72.9/0.102)(3'/2*9.8) = 9.84 \text{ m}$$

El agua no tiene desalojo libre en un depósito, sino que se requiere que llegue a las espreas del deareador con una presión mínima de 3 kg/cm², por lo que para calcular H_t , añadiremos 30 mca.

+Potencia

$$Z_1 = 8 \text{ m}$$

$$H_t = 0.122 + 9.84 + 8 + 30 = 47.96$$

Consideramos un factor de seguridad de 20 %, por lo tanto:

$$H_t = 47.96 * 1.2 = 57.55 \text{ m}$$

Estimamos una eficiencia total de 45 % y calculamos N_a :

$$N_a = (0.0189 * 1000 * 57.74) / (75 * 0.45) = 32.23 \text{ HP}$$

Seleccionamos un motor de 40 HP.

Como verificación del cálculo tomamos la tabla de la fig... de Worthington y determinamos así el model de la bomba.

3.3.5) BOMBAS PARA SUMINISTRO DE DIESEL
Ver diagrama de tubería en la pag. 102.

Debido a su viscosidad, 68 SSU a 4.4 °C, se utilizan para el manejo del diesel bombas de desplazamiento positivo.

La forma de calcular la potencia difiere de las centrifugas, ya que en este caso se recurre directamente a las tablas del fabricante una vez que se determinaron las pérdidas en las líneas de succión y descarga.

+Pérdidas en la tubería de aspiración

$$Q = 0.00137 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = Q/V = 0.00137/1 = 0.001374 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{4 \times 0.001374 / \pi} = 0.041 \text{ m} = 4.1 \text{ cm}$$

Seleccionamos una tubería de 5.08 cm diam. (2")

Accesorios 2"	Longitud equivalente, m
1 entrada en tanque	1.6
1 tee	3.8
1 codo 90°	1.3
1 filtro	6.0
3 m tubería recta	3.0
total	15.7 m

$k = 0.2$ para hierro galvanizado

$$k/D = 0.2/50 \text{ mm} = 0.004$$

$\nu = 0.000025$ para el diesel

$$R = VD/\nu = 1 \times 0.05 / 0.000025 = 2000$$

En el diagrama de Moody encontramos $\beta = 0.052$

$$H_{ra} = (0.052) (15.7/0.05) (1^5 / (2 \times 9.8)) = 1.61 \text{ m}$$

FIG. 13

Viscosity: 100 ssv, 20 centistokes (Example: No. 1 fuel oil; SAE 30 at 150 - 200 F)

Capacity, gpm	Pressure, psi									
	25	30	35	40	45	50	55	60	75	100
1 model hp/rpm	1 GA 1/900	1 GA 1/900	1 GA 1/900	1 GA 1/900	1 GA 1/900	1 GA 1/900	1 GA 1/900	1 GA 1/900	1 GA 1/900	1 GA 1/900
3 model hp/rpm	1 GA 1/1800	1 GA 1/1800	1 GA 1/1800	1 GA 1/1800	1 GA 1/1800	1 GA 1/1800	1 GA 1/1800	1 GA 1/1800	1 GA 1/1800	1 GA 1/1800
5 model hp/rpm	2 GA 1/1200	2 GA 1/1200	2 GA 1/1200	2 GA 1/1200	2 GA 1/1200	2 GA 1/1200	2 GA 1/1200	2 GA 1/1200	2 GA 1/1200	2 GA 1/1200
10 model hp/rpm	3 GA 1/1200	3 GA 1/1200	3 GA 1/1200	3 GA 1/1200	3 GA 1/1200	3 GA 1/1200	3 GA 1/1200	3 GA 1/1200	3 GA 1/1200	3 GA 1/1200
15 model hp/rpm	3 GA 1/1800	3 GA 1/1800	3 GA 1/1800	3 GA 1/1800	3 GA 1/1800	3 GA 1/1800	3 GA 1/1800	3 GA 1/1800	3 GA 1/1800	3 GA 1/1800
20 model hp/rpm	4 GA 1/1800	4 GA 1/1800	4 GA 1/1800	4 GA 1/1800	4 GA 1/1800	4 GA 1/1800	4 GA 1/1800	4 GA 1/1800	4 GA 1/1800	4 GA 1/1800
30 model hp/rpm	5 GA 2/1800	5 GA 2/1800	5 GA 2/1800	5 GA 2/1800	5 GA 2/1800	5 GA 2/1800	5 GA 2/1800	5 GA 2/1800	5 GA 2/1800	5 GA 2/1800
40 model hp/rpm	5 GA 2/1800	6 GA 3/1800	6 GA 3/1800	6 GA 3/1800	6 GA 3/1800	6 GA 3/1800	6 GA 3/1800	6 GA 3/1800	6 GA 3/1800	6 GA 3/1800
50 model hp/rpm	6 GA 3/1800	6 GA 3/1800	6 GA 3/1800	6 GA 3/1800	6 GA 3/1800	6 GA 3/1800	6 GA 3/1800	6 GA 3/1800	6 GA 3/1800	6 GA 3/1800
60 model hp/rpm	7 GA 3/1200	7 GA 3/1200	7 GA 3/1200	7 GA 3/1200	7 GA 3/1200	7 GA 3/1200	7 GA 3/1200	7 GA 3/1200	7 GA 3/1200	7 GA 3/1200
70 model hp/rpm	7 GA 3/1200	7 GA 3/1200	7 GA 3/1200	7 GA 3/1200	7 GA 3/1200	7 GA 3/1200	7 GA 3/1200	7 GA 3/1200	7 GA 3/1200	7 GA 3/1200
80 model hp/rpm	7 GA 5/1800	7 GA 5/1800	7 GA 5/1800	7 GA 5/1800	7 GA 5/1800	7 GA 5/1800	7 GA 5/1800	7 GA 5/1800	7 GA 5/1800	7 GA 5/1800
90 model hp/rpm	7 GA 5/1800	7 GA 5/1800	7 GA 5/1800	7 GA 5/1800	7 GA 5/1800	7 GA 5/1800	7 GA 5/1800	7 GA 5/1800	7 GA 5/1800	7 GA 5/1800
100 model hp/rpm	7 GA 5/1800	7 GA 5/1800	7 GA 5/1800	7 GA 5/1800	7 GA 5/1800	7 GA 5/1800	7 GA 5/1800	7 GA 5/1800	7 GA 5/1800	7 GA 5/1800

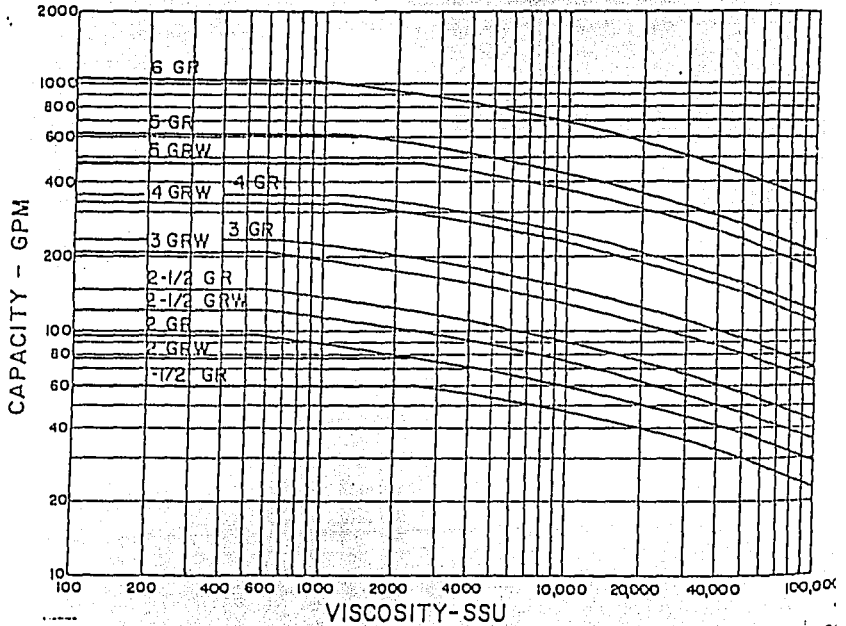
For applications in this range refer to
Wauthington sales office or distributor.

FIG. 14

GR HYDRAULIC COVERAGE

BASED ON: NO SLIP

REQD. NET INLET PRESSURE OF
11 PSIA ABOVE APPROX. 1000 SSU



A 1921

+Pérdidas en la línea de impulsión

$$Q = 0.00137 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = Q/V = 0.00137/3 = 0.0004 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{4 \cdot 0.0004 / \pi} = 0.024 \text{ m} = 2.4 \text{ cm}$$

Seleccionamos una tubería de 3.81 cm diam. (1 1/4")

La línea de impulsión debe incluir una línea de retorno, ya que el sistema de combustión toma el diesel que necesita según la carga de la caldera, y el excedente debe regresar al tanque almacén sin ninguna restricción, ya que de lo contrario de podrían generar muy altas presiones debido a que usamos una bomba de desplazamiento positivo, con el riesgo de daños en el sistema de distribución o en la bomba misma. Como medida de preventiva, en esta línea se instala siempre una válvula de seguridad.

Accesorios 1 1/4"	Longitud equivalente, m
12 codos 90°	12
1 tee	2.5
1 vlav. check	2.5
1 valv. compuerta	0.3
46 m tubería	46
total	63.3

Para tubería de hierro galvanizado $k = 0.2$

$$k/D = 0.2/38.1 = 0.0052$$

Para diesel $\nu = 0.000025$

$$R = VD/\nu = (3 \cdot 0.038)/0.000025 = 4560$$

En el diagrama de Moody encontramos:

$$\beta = 0.045$$

$$H_{ri} = 0.045(63.3/0.038)^3 / (2 \cdot 9.8) = 34.42$$

$$H_{ri} = 34.42 \text{ m}$$

$$H_{\text{total}} = 34.42 + 15.7 = 50.12 \text{ m}$$

+Potencia

La presión generada por una columna de 50.12 m de diesel es:

$$pe = 865 \text{ kg/m}^3$$

$$50.12 \text{ m} * 865 \text{ kg/m}^3 * 1/100 \text{ cm}^2 = 4.33 \text{ kg/cm}^2$$

Debemos de mantener una presión de 2.8 kg/cm² a la entrada del sistema de combustión, por lo que la bomba deberá de generar una presión mínima de :

$$4.33 + 2.8 = 7.13 \text{ kg/cm}^2$$

En la tabla de de selección de bombas de engranes Worthington tipo GA, tomamos la carta para un combustible de 100 ssu de viscosidad, donde encontramos que la bomba necesaria tiene las siguientes características:

Modelo: 5GA
HP: 5
RPM: 1800
P: 10.5 kg/cm² (150 psi)
Q: 0.0019 m³/seg (30 GPM)

Tales especificaciones cumplen ampliamente nuestros requisitos.

3.3.6) BOMBAS PARA DOSIFICACION DE FOSFATOS Ver diagrama de tubería en pag. 101.

El caudal de esta bomba es tan sólo de 3 l/h, como lo determinamos en el cap 1. La presión contra la que va a trabajar es la de operación de la caldera más un factor de seguridad de 5 kg/cm² para evitar el riesgo de contrapresiones.

$$P = 18 + 5 = 23 \text{ kg/cm}^2 \text{ (328 lb/plg}^2\text{)}$$
$$Q = 3 \text{ l/h (0.79 gph, 19 gpd)}$$

La referencia para la selección de estas bombas la vamos a

tomar de la compañía Wallace and Tiernan que es ampliamente reconocida en el área de equipos de tratamiento de aguas.

En la fig. de anexo 21 se muestran las capacidades de las bombas dosificadoras de ácido serie 94, del tipo de diafragma, construida en acero inoxidable para resistir el manejo de los productos químicos que vamos a inyectar a la caldera.

Basados en la tabla seleccionamos la bomba modelo 94-220 con una capacidad de 65 gpd, que puede trabajar a una presión de hasta de 28 kg/cm². No nos inclinamos por el modelo 94-200 porque estamos en el límite de la capacidad de la bomba.

La línea de descarga será de 1" ya que así está indicada la válvula de entrada en la caldera. La capacidad de conducción de esta tubería supera ampliamente los requerimientos de nuestro caudal, por lo que no realizaremos más cálculos. Ver fig. 4.

La línea de succión viene integrada al equipo paquete que suministra el fabricante junto con tanque y bomba. Ver anexo 22.

3.3.7) BOMBAS DE DOSIFICACION DE SULFITOS

Ver diagrama de tubería en pag.101.

El caudal calculado es 7 l/h (1.84 gph, 44.38 gpd), y la presión de descarga es de 2 kg cm² (28.56 lb/plg²).

Usando la misma tabla que utilizamos para la bomba anterior, encontramos que también el modelo 94-220 cubre nuestro requisitos.

Seleccionamos para la línea de descarga un diámetro de 1/2", que también tiene capacidad de sobra, pero es un diámetro adecuado para instalarse y manejarse con seguridad.

La línea de succión es el mismo caso que en la bomba anterior.

INTRODUCTION

This Instruction Book provides service and maintenance instructions for Wallace & Tiernan 94 Series Acid Metering Pumps of three capacities, 20, 65 and 125 gpd. Generally, the pumps use the same parts, the variation being mainly in the output of the drive motors which is reflected in the pump stroking speed. The 20 and 125 gpd pumps are available in 115V, 50/60 Hz and 220/230V, 50/60 Hz versions, while the 65 gpd pump is available only for 115V, 50/60 Hz power.

94 Series Acid Metering Pumps are designed specially for feeding highly reactive chemicals. A Tandem Diaphragm arrangement is used wherein the chemical contacts only a teflon-faced diaphragm which is acid-resistant. The working diaphragm is exposed only to an inert silicon oil which transmits the pumping action to the teflon-faced diaphragm. Since low stresses are imposed on the teflon-faced diaphragm, the result is lower susceptibility to fatigue. The cam unit includes a teflon button which effectively reduces wear on the working diaphragm.

The Pump feed rate is continuously adjustable during operation by simply rotating a control knob. The pumps will operate against pressures up to 400 psi.

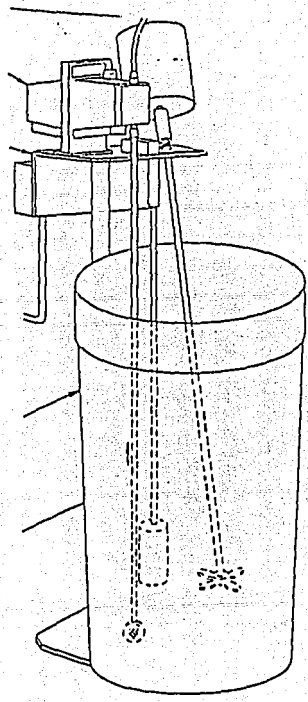
The following tabulation identifies model numbers, voltages and capacities: (all are for 50/60 Hz line frequencies)

94-200	115V	20 gpd
94-202	230V	20 gpd
94-220	115V	65 gpd
94-230	115V	125 gpd
94-232	230V	125 gpd

Capacities listed apply for 60 Hz current —
if 50 Hz current is used, these capacities
are reduced by one-sixth.

FIG. 16

ARREGLO PARA BOMBA DE DOSIFICACIÓN DE
FOSFATOS Y SULFITOS



CAPITULO IV

DISTRIBUCION DE EQUIPO Y ARREGLO DE TUBERIAS

4.1) CRITERIOS GENERALES

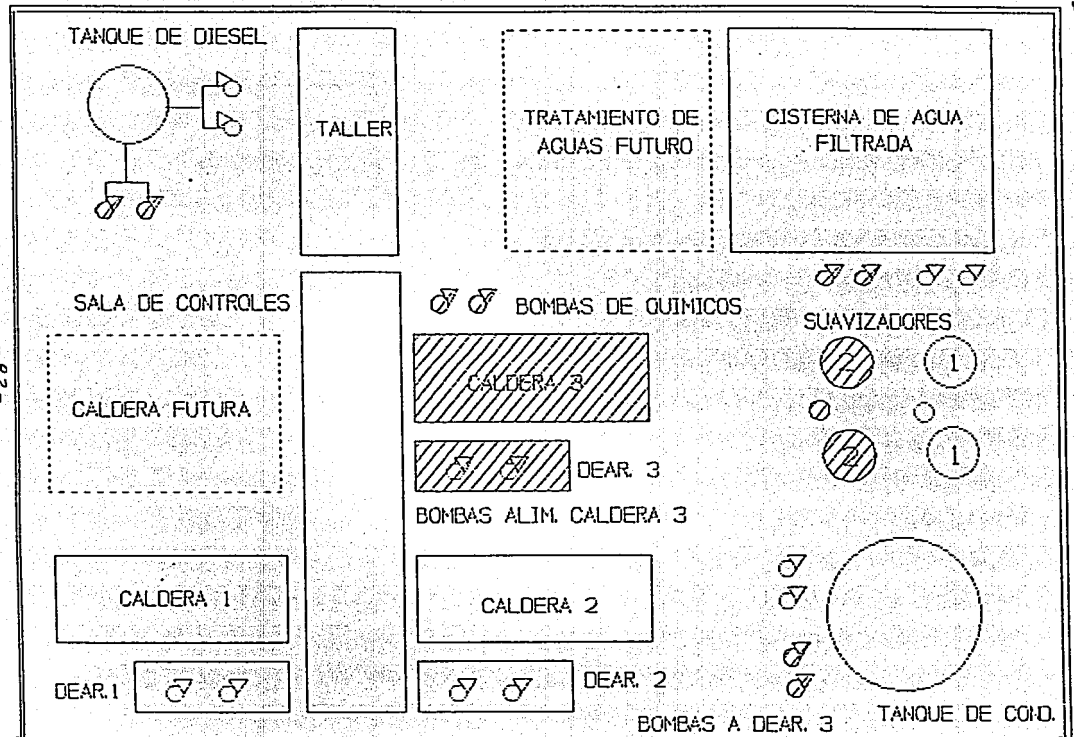
La distribución de nuestros equipos está directamente relacionada con el diseño inicial de la planta y la planeación de su capacidad futura. Como mencionamos al inicio de este trabajo, nuestros equipos ocuparán módulos ya destinados a futuras ampliaciones que fueron planeados desde la construcción de esta unidad industrial.

Generalmente los conflictos por espacio surgen cuando se realizan etapas de ampliación no consideradas, cuando se utilizan equipos de nuevas o diferentes tecnologías, o cuando se llega a la saturación del uso del terreno disponible, haciendo necesarios profundos estudios de Ingeniería Industrial. (Fig 17).

Aún cuando nuestras áreas están debidamente planeadas, debemos de revisar los siguientes puntos en cuanto la instalación de equipos:

- + Libre acceso hasta el lugar de instalación
- + Espacio suficiente para maniobras de grúas y camiones.
- + Revisar interferencias con líneas eléctricas o tuberías de los equipos actuales.
- + Asegurar cómodos accesos a los equipos principales y auxiliares tanto para el mantenimiento como para la limpieza.
- + Cubrir los aspectos legales que exige la Secretaría de Trabajo y Previsión Social, especialmente en lo que se refiere a recipientes a presión. Los equipos construidos bajo código Asme cubren ampliamente los requisitos mencionados, pero se debe tener el cuidado de hacer todos los trámites ante la mencionada dependencia.

DISTRIBUCION DE EQUIPO
 CALLES CON ACCESO LIBRE



B2

+Localizar estratégicamente extinguidores, hidrantes contra incendio y equipo de primeros auxilios.

A continuación señalaremos algunos aspectos particulares que se deben considerar en los diferentes equipos.

4.2) BOMBAS

Tenemos libre acceso para todas las bombas que instalaremos, por lo que no vemos ningún problema para su montaje y mantenimiento.

4.3) SUAVIZADOR

Todos los equipos de suavización se encuentran bajo un cobertizo de 6 m, por lo que el tamaño del equipo y la maniobras no representan dificultad. Los accesorios que requieren mantenimiento, como la válvula múltiple, se pueden alcanzar a nivel de piso.

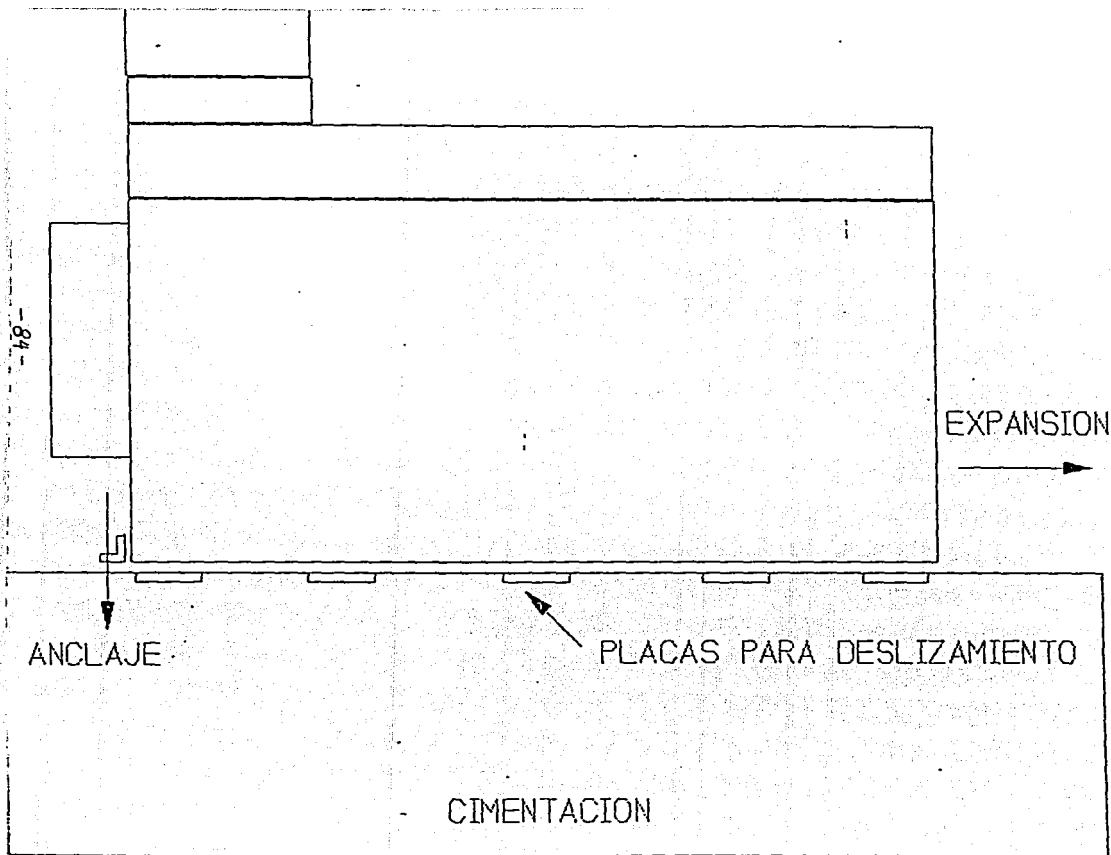
4.4) DEAREADOR

Recordemos que este equipo trabajará sobre un plataforma de casi 6 m, por lo que se debe considerar en dicha plataforma un pasillo de 1 m alrededor del equipo para tener acceso a las válvulas y controles.

4.5) CALDERA

Toda la caldera, a excepción de los controles que se encuentran bajo la caseta, permanece a cielo abierto, a una distancia adecuada de la otra caldera. Esto le permite fácil acceso por todos los lados para su limpieza y mantenimiento.

Debido a la alta temperatura que trabaja y a su gran longitud, se debe considerar su libre expansión hacia un lado, por lo que el anclaje deberá seguir el esquema mostrado en la fig 18.



4.6) CLASIFICACION POR APLICACIONES

+Conexiones y accesorios

Líneas de 3" y menores se instalarán usando conexiones y accesorios roscados.

Líneas de mayores de 3" usarán conexiones soldadas y accesorios bridados.

Lo anterior es debido a que en el roscado de líneas mayores a 2 1/2" se incrementa notablemente el tiempo y experiencia demuestra que la probabilidad de fallas aumenta, especialmente donde se manejan altas temperaturas. En esas situaciones es mucho más ventajoso usar en codos y tees soldadas y válvulas bridadas, con lo que se disminuye el riesgo de fugas en las uniones tanto en las uniones soldadas como en las válvulas bridadas.

Usaremos codos de radio largo en todas las tuberías soldables para lograr la mínima caída de presión posible en estos accesorios.

Las válvulas de globo sólo se usarán para controlar flujo, nunca se deben usar en sustitución de las de compuerta, ya que provocan gran caída de presión.

Las válvulas de compuerta se operarán siempre totalmente abiertas o totalmente cerradas, ya que su finalidad es aislar los equipos de la línea de proceso o aislar diversas secciones de las tuberías.

+Líneas de succión de bombas

Las bombas se colocarán lo más cerca y abajo posible del punto de succión. Siempre se deberá contar con una válvula de compuerta para aislar la bomba del sistema y desmontarla para su mantenimiento. Recordemos que dichas válvulas operan sólo totalmente abiertas o totalmente cerradas. El trayecto de succión tendrá las menores curvas y longitud posible.

En lo posible se evitarán los filtros en la succión, ya que inducen gran caída de presión, aumentando las probabilidades de cavitación. La línea de succión de agua de la cisterna si llevara filtros, ya que esté se encuentra a cielo abierto y existen probabilidades de que la bomba succione objetos suficientemente grandes para dañarla. El resto de los sistemas es cerrado y no los amerita siempre y cuando se purgen y laven correctamente antes de ponerlos en

ABREVIACIONES EN TUBERIAS

AGF	Agua filtrada
AGS	Agua suave
AGD	Agua deareada
CO	Condensado
DI	Diesel
GA	Gas natural
SAL	Salmuera
VS	Vapor saturado
VR	Vapor recalentado

servicio.

Si después de que se limpian y purgan las tuberías se desea tener mayor seguridad, se puede instalar provisionalmente una malla entre bridas, y retirarla cuando el sistema esté limpio.

Para el cálculo de estas líneas siempre se respetará una velocidad máxima de 1 m/s, con el objeto de minimizar las pérdidas de carga y disminuir el riesgo de cavitación en la bomba. El diámetro calculado deberá mantenerse aún cuando la bomba seleccionada tenga un tamaño de succión de menor diámetro. En este caso la conexión se hará con una reducción.

En bombas bridadas, la conexión es por fuerza desmontable, pero en bombas roscadas se deberá tener el cuidado de colocar tuercas unión junto a la succión y descarga con el fin de permitir el desmontaje de la bomba para su mantenimiento.

+Líneas de descarga de bombas

Deberá de instalarse siempre un válvula de compuerta para aislar la bomba y una válvula check para evitar que las contrapresiones del sistema dañen el equipo. La válvula check se colocará siempre entre la bomba y la válvula de compuerta.

Para el cálculo se respetará la velocidad máxima de 3m/s de los fluido bombeados que nos ocupan. Esta velocidad ha demostrado ser la más adecuada para balancear las pérdidas de carga y los costos de instalación.

Deberán tener una pendiente de 1mm/m en el sentido del flujo para facilitar el purgado de las líneas cuando se requiera. Los cambios de trayectoria de horizontal a vertical deberán de poseer una válvula para desalojo del agua acumulada. Al fin de cada cabezal de distribución de se instalará un tapón desmontable para drenado.

+Líneas de vapor y condensados

Para evitar pérdidas de calor, estas líneas se aislarán térmicamente.

Estas tuberías están sujetas a expansión térmica, por lo que se deberán anclar a la soportería tanto al inicio como al final. En el trayecto intermedio debe tener cambios de

dirección suficientes para absorber la dilatación. Los soportes intermedios tendrán patines con guías que permitan el deslizamiento de la tubería en el sentido de la expansión. Cuando los cables de dirección no son suficientes, algunas veces se recurre a instalar un trayecto adicional de tubería en forma de "U", o una junta de expansión tipo acordeón.

Las líneas de vapor tendrán una pendiente de 1 mm/m en el sentido del flujo para arrastrar el condensado hacia los puntos donde se localizan las purgas de condensado. Los cambios de trayectoria de horizontal a vertical deberán poseer una purga de condensados. Estos sistemas consisten de una válvula de compuerta, un filtro y una trampa de vapor termostática. Estas trampas de vapor son para bajos caudales, y son las adecuadas para las tuberías donde se genera poco volumen de condensado. El filtro es necesario porque el disco termostático puede obstruirse con cascarillas que desprende la tubería.

Las líneas de condensado deberán cumplir los mismos requerimientos de pendiente que las líneas de agua.

+By-pass

En lo posible se evitarán los by-pass, ya que la experiencia demuestra que en muchas ocasiones son sólo fuente de más fugas y problemas de mantenimiento, o que cuando se necesita, no se pueden operar porque las válvulas se encuentran pegadas por falta de uso. En nuestro proyecto sólo dejaremos estos arreglos en donde existan válvulas de control.

4.7) LINEA DE DESCARGA DE VAPOR (Fig. 20)

La capacidad máxima de la caldera es:

18.93 kg vap/s

Consultando las tablas de vapor, encontramos que el volumen específico a 18 kg/cm² recalentado a 260° C es:

$v_e = 0.123 \text{ m}^3/\text{kg}$

Las velocidades recomendadas para vapor recalentado son:

45 - 60 m/s

Trabajaremos con la velocidad más alta, ya que la condición de carga máxima es sólo temporal.

Con los datos anteriores seleccionaremos de diámetro de la tubería para conducir el vapor desde la salida de la caldera hasta el cabezal general. Sabemos que en ese trayecto existirá cierta caída de presión, pero no la calcularemos porque ya está considerada la caída de presión de toda la red de vapor, de manera que incluso al equipo más lejano se le suministre vapor a la presión que necesita.

+Diámetro de tubería

$$A = Q/V$$

$$W=18.93*0.128 = 2.42 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A = 2.42/60 = 0.04 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{4A/\pi} = \sqrt{4*0.04/\pi} = 0.225 \text{ m} \quad (8.89")$$

Por lo tanto, la tubería seleccionada es de:

25.4 cm (10") diámetro

4.8) LINEA DE GAS NATURAL (Fig. 21)

Algunas características físicas que tiene el gas natural a 4 kg/cm², que es la presión manométrica de la tubería de gas en la sala de calderas, son las siguientes:

Gravedad específica respecto al aire: 0.61

Volumen específico: 0.33 m³/kg

+Diámetro de la tubería

El gasto máximo de la caldera en m³/h referidos a condiciones estándar es:

$$5965 \text{ m}^3/\text{h} = 1.65 \text{ m}^3/\text{s}$$

A las condiciones de la tubería tendremos:

$$1.65*0.61*0.33 = 0.33 \text{ m}^3/\text{s}$$

La velocidad recomendada es entre 40 y 45 m/s

LINEA DE GAS NATURAL A CALDERA

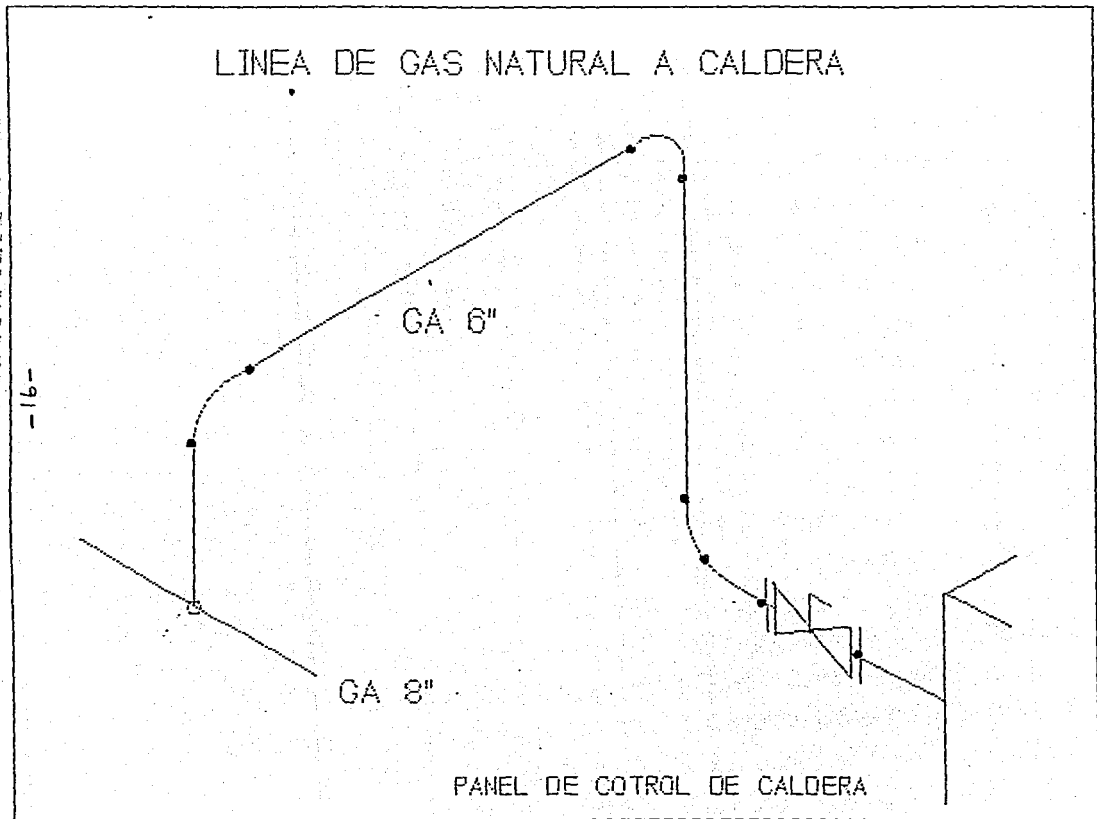
GA 6"

GA 8"

PANEL DE CONTROL DE CALDERA

-91-

FIG. 21



$$A = Q/V = 0.33/45 = 0.0073 \text{ m}^2$$

$$D = \sqrt{(4 \cdot 0.0073) / \pi} = 0.096 \text{ m} = 9.6 \text{ cm}$$

La tubería seleccionada es de 10.16 cm (4") diámetro.

El trazo de esta línea es muy sencillo, ya que sobre la azotea de la sala de calderas se encuentra el cabezal de distribución, por lo que sólo colocaremos una válvula macho a la salida del cabezal para independizar la caldera. La línea llega a conectarse a una válvula de cierre automática que es parte del control de combustión de la caldera.

La tubería no está sujeta a altas temperaturas, por lo que no lleva aislamiento ni lleva anclajes para la expansión térmica, ver fig. 21.

4.9) ARREGLO DEL SUAVIZADOR DE AGUA (Fig. 22)

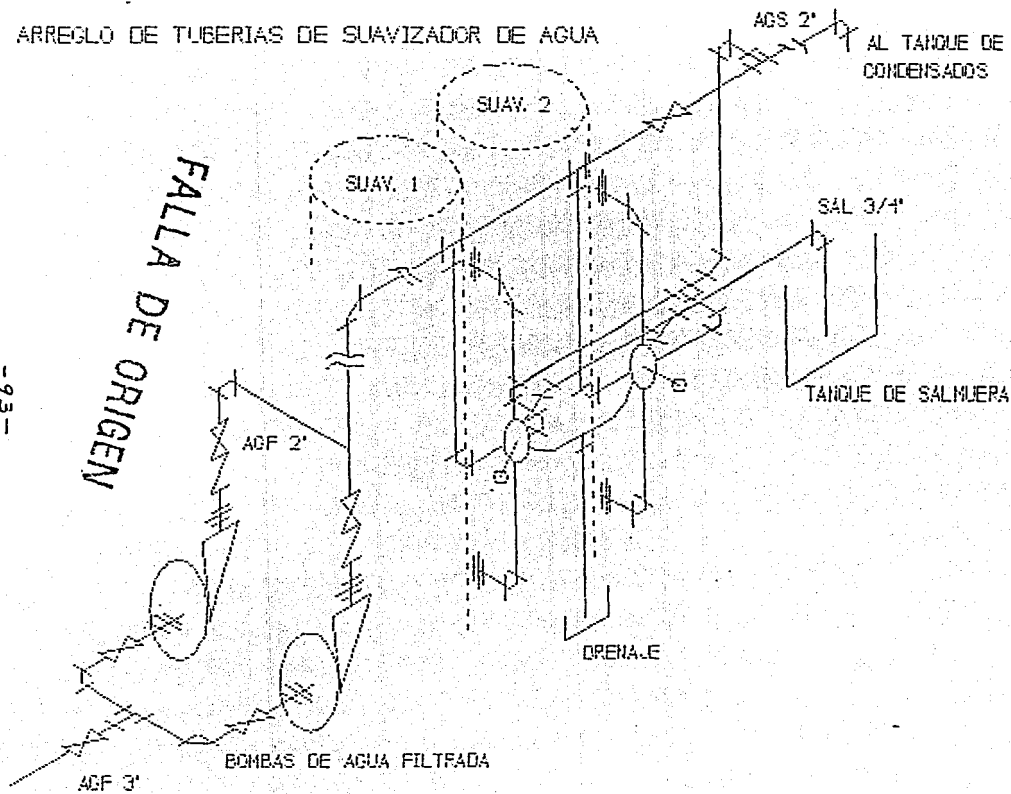
Una bomba será capaz de cubrir la demanda, alternándose ambas en la operación, por lo que las dos descargan a una línea común.

Puesto que los filtros son muy costosos, colocaremos uno que pueda servir a ambas bombas. La razón de colocar el filtro es que la cisterna de agua filtrada se encuentra a cielo abierto y existe alguna posibilidad de contaminación de objetos suficientemente grandes para dañar la bomba.

La tubería distribuye agua filtrada a ambos suavizadores, y por la misma línea se entrega agua suave al tanque de condensados. Los dos tipos de agua se separan mediante una válvula de compuerta "B", que en condiciones normales se encuentra cerrada. Si existieran fallas en ambos suavizadores y se tuviera que enviar agua al tanque para evitar una baja de nivel peligrosa, basta cerrar las válvulas múltiples de los suavizadores y abrir la válvula "B" para que el agua filtrada pase directamente al tanque.

La válvula múltiple del suavizador tiene diferentes posiciones para que el equipo opere, se regenere, se enjuague o esté fuera de operación según se necesite.

ARREGLO DE TUBERIAS DE SUAVIZADOR DE AGUA



4.10) LINEA DE ENVIO CONDENSADOS AL DEAREADOR

Existen dos bombas para estar alternando la operación. En la succión llevan una válvula de compuerta y en la descarga una válvula check y una de retención o check.

La línea de descarga corre sobre el puente de tuberías hasta llegar al deareador. La temperatura máxima de operación es 75 °C, por lo que su expansión es muy pequeña, sin embargo se consideran anclajes y soportes de deslizamiento para permitirlos, además de que lleva aislamiento.

En el punto donde la tubería sube hacia el deareador, se coloca una válvula de purga, ya que es el punto donde se acumularía el agua si se parara el sistema para purgarlo.

La línea llega hasta una válvula de globo neumática que controla la entrada de agua al deareador.

4.11) LINEA DE VAPOR AL DEAREADOR (Fig. 24)

De los datos del fabricante del deareador encontramos que requiere una alimentación de vapor recalentado a las condiciones de la caldera, de 50 mm (2") diámetro.

4.12) LINEA DE ALIMENTACION DE AGUA A CALDERAS (Fig. 26)

Las líneas de entrada caen verticalmente desde el deareador hasta la succión de las bombas, en una trayectoria totalmente rectas para minimizar la pérdidas, ya que para las condiciones de operación se requiere tener el mayor NPSH disponible posible.

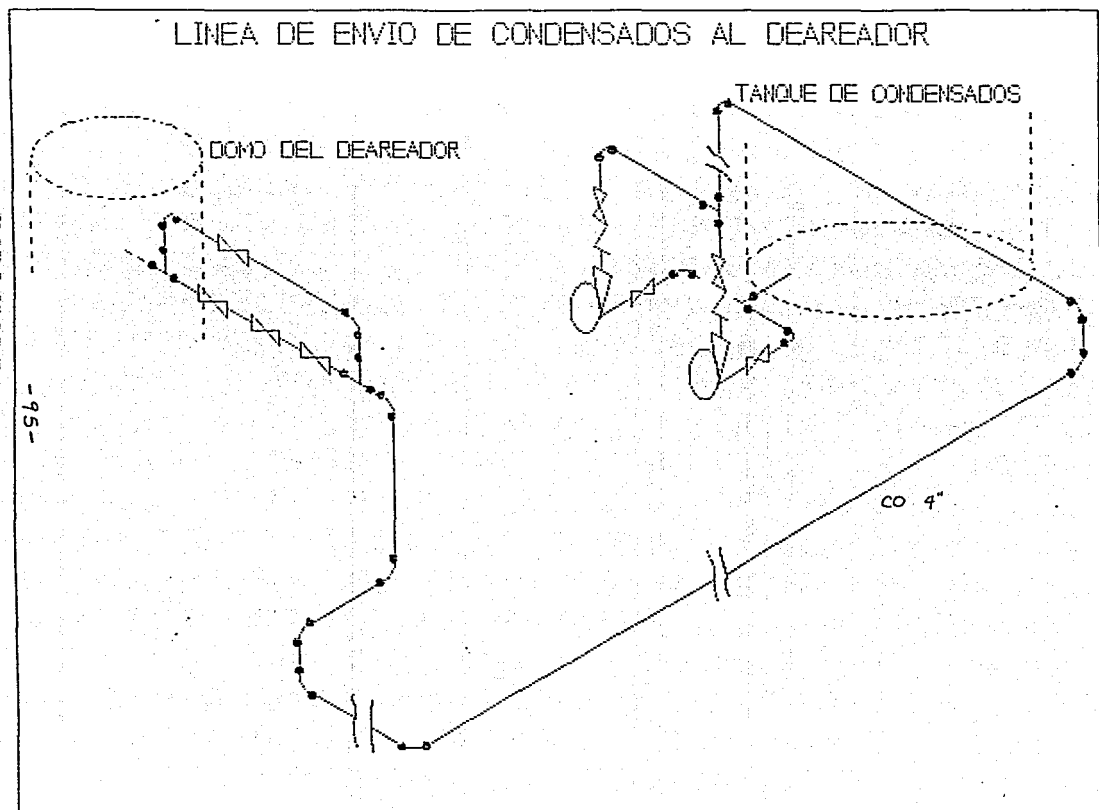
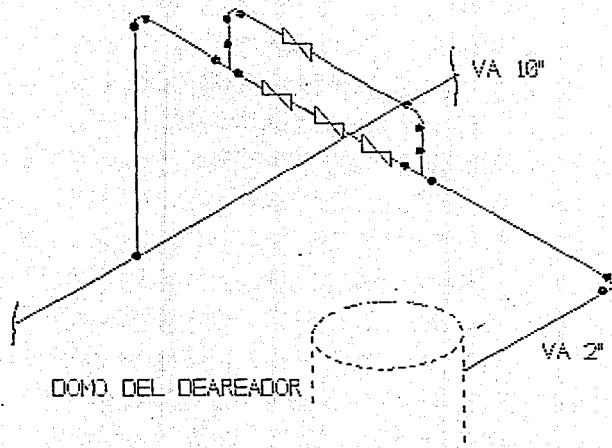


FIG. 23

LINEA DE VAPOR AL DEAREADOR



-96-

JUNTA DE EXPANSION

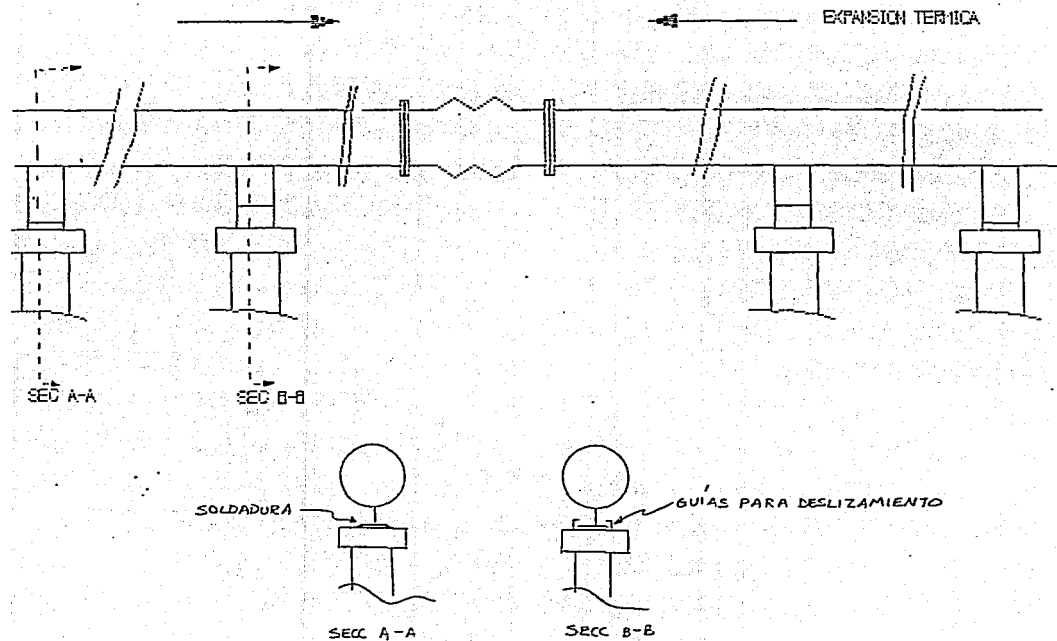


FIG. 25

El deareador siempre se instala lo más cerca posible a la caldera para evitar pérdidas en la línea de descarga. La temperatura de la tubería es de 100 °C, por lo que se considera aislamiento y anclajes.

Para permitir la expansión de la tubería y de la misma bomba, y evitar la transmisión de vibraciones, usaremos sólo para esta bomba juntas de expansión en la succión y descarga. Consisten en una sección de tubo en forma de acordeón que regularmente se fabrica en acero inoxidable; la forma le permite ser comprimido y absorber las expansiones de la tubería y evitamos transmitir cargas a las bridas de las tuberías. Fig. 25.

El otro extremo de la tubería conecta a la caldera, que debemos recordar, también se expande, por lo que el punto de anclaje de la línea de descarga deberá encontrarse al centro de la trayectoria, para dejar libres ambos extremos.

4.13) LINEA DE ALIMENTACION DE DIESEL (Fig. 27)

Como hemos explicado anteriormente, el diesel es el combustible de emergencia, por lo que este sistema trabajará en muy contadas ocasiones. Sin embargo, no deja de ser crítico, por lo que para bombararlo instalaremos una bomba de reserva para tener respaldo en caso de una falla.

La línea de retorno es con la finalidad de devolver al tanque el diesel que no consume la caldera, ya que el consumo varía dependiendo del porcentaje de carga de la caldera. La bomba de paletas (desplazamiento positivo) que se requiere para bombear líquidos con esta viscosidad, no tolera que se restrinja la descarga, por lo que el sistema de combustión de la caldera devuelve el fluido en exceso por la línea de retorno.

Para mayor seguridad existe una válvula de alivio en la línea de descarga, cercana a la bomba, que ante una sobrepresión se activa y descarga diesel a la línea de retorno, protegiendo así a la bomba y a la instalación.

4.14) LINEAS DE DOSIFICACION DE QUIMICOS (Fig. 28)

El trayecto de estas dos líneas es muy sencillo como se aprecia en el esquema. Las bombas también son de desplazamiento positivo, pero tipo diafragma, por lo que la instalación requiere una válvula de alivio. En este caso las

bombas tienen ya integrada una válvula de alivio que las protege de sobrecargas, no siendo necesario instalar otra en las tuberías.

Se recomienda una válvula check para que no haya reflujos desde el equipo a la bomba. En el caso de los fosfatos, instalaremos doble válvula check para estar más protegidos contra una sobrepresión de la caldera.

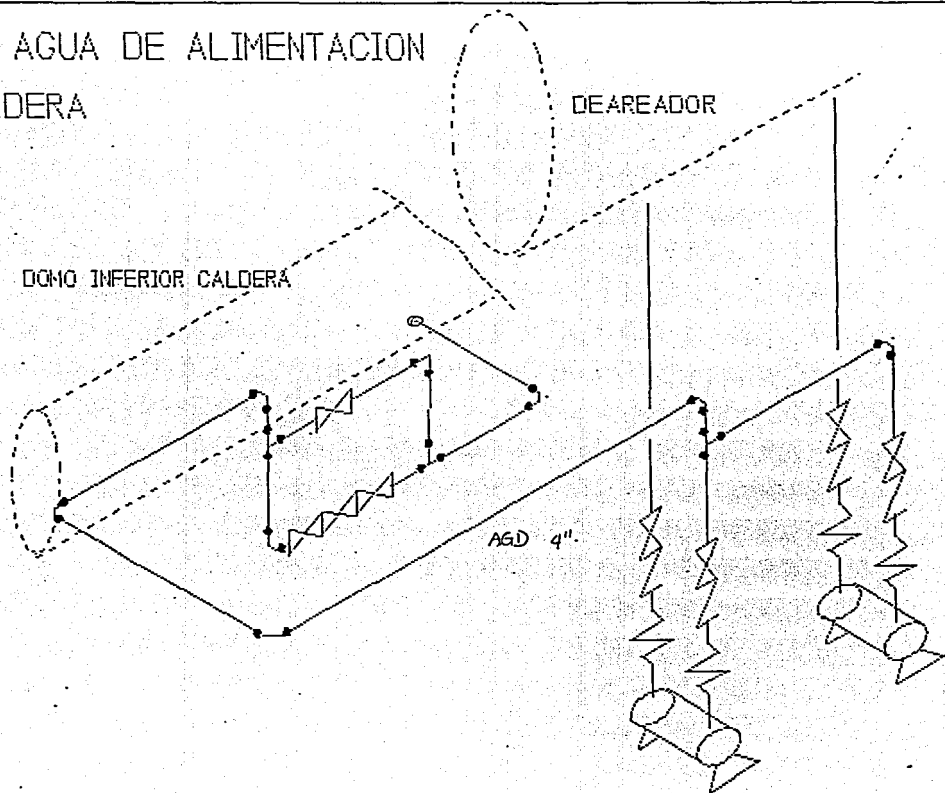
LINEA AGUA DE ALIMENTACION
A CALDERA

DEAREADOR

DOMO INFERIOR CALDERA

AGD 4"

-100-



El dibujo que originalmente pertenecía a esta página,
se trasladó a la página 103.

LINEA DE ENVIO DE DIESEL A LA CALDERA

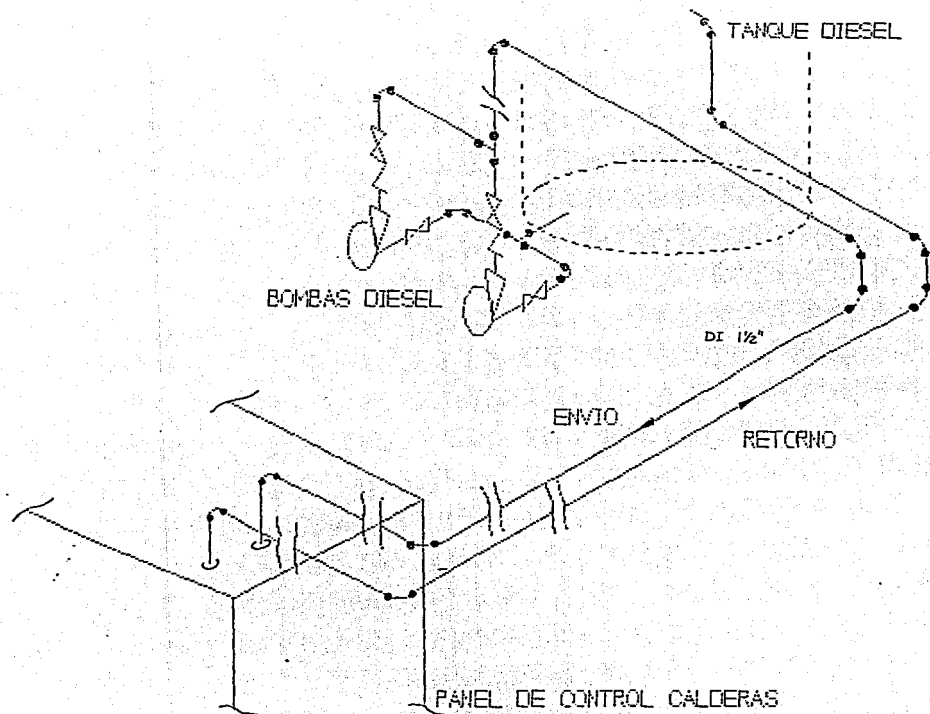
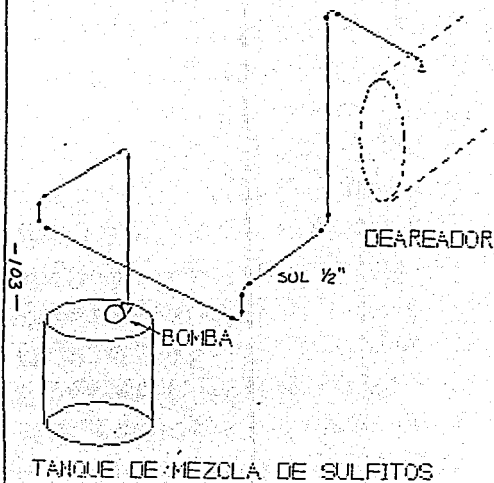
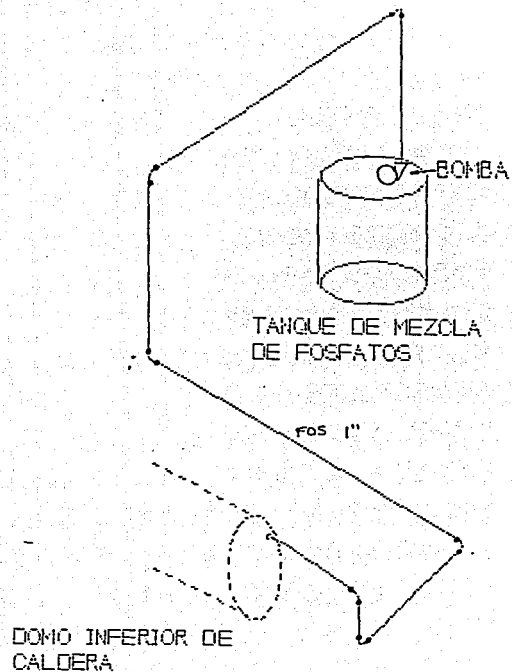


FIG 27

LÍNEA DE ENVÍO DE SULFITOS
AL DEAREADOR



LÍNEA DE ENVÍO DE FOSFATOS
A LA CALDERA



CAPITULO V

5.1) ESPECIFICACIONES PARA TUBERIAS

5.1.2) Cédula de las tuberías

Podemos clasificar en 3 categorías el tipo de servicio que requerimos en las tuberías de este proyecto:

- +Baja presión y baja temperatura.
- +Presión media y temperatura baja o media.
- +Alta presión y alta temperatura.

Para los diámetros seleccionados en nuestras tuberías, si observamos las tabla se tuberías, encontramos que podemos seleccionar diferentes espesores de pared, o cédula, para cada diámetro. Cada especificación tiene indicada la presión de prueba del tubo, que se toma como referencia para determinar si es útil a nuestras aplicaciones.

Generalmente la mayor parte del espesor trabaja para darle resistencia mecánica al tubo, especialmente para soportar los claros entre los soportes, para poderlo roscar o soldar, para manejarlo adecuadamente y para destinar parte del material al desgaste por erosión y corrosión. En los tubos de diámetro pequeño es bastante notorio que sólo una fracción del espesor es necesaria para soportar presión.

Como ejemplo calcularemos el espesor requerido para la tubería de alimentación de diesel, de 2" diámetro, material A-120. Supondremos diam. exterior de cédula 40.

$$Ht = 33.4 \text{ m} \quad P = 3.34 \text{ kg/cm}^2$$

Diámetro exterior de la tubería: 6.03 cm (2.375")

$$t = PD / (2SE + 2yP) = 3.34 * 0.0603 / (2 * 805 * 0.6 + 2 * 0.4 * 3.34)$$

$$t = 0.000155 \text{ m} = 0.157 \text{ mm}$$

Este espesor es muy inferior a 3.9 mm, que corresponde al tubo C-40.

Sin embargo, como mencionamos anteriormente, el espesor extra hace trabajable el tubo.

Ahora tomemos el ejemplo de la tubería de descarga de vapor de la caldera, que es de 10 " diam., y que soportará una presión máxima de 18 kg/cm² a una temperatura de 260 °C. Se usará tubería A-106-B sin costura.

$$\text{Diam. exterior: } 27.3 \text{ cm (10.75")}$$

$$t = 18 * 0.273 / (2 * 1008 * 1 + 2 * 0.4 * 18) = 0.0024 \text{ m} = 2.4 \text{ mm}$$

El espesor del tubo C-40 es 9.3 mm (0.365"), encontrando nuevamente una diferencia entre lo requerido y la cédula, aunque no tan notable como la encontramos en el tubo de 2".

El C-40 es también el que se fabrica en mayor volumen, por lo que su costo se abarata, siendo el espesor estandard que se maneja en la mayoría de las aplicaciones. El seleccionar menores cédulas en muchas ocasiones no reditúa ningún beneficio, y si en cambio acorta la vida útil de la tubería por disminuirle espesor de tolerancia a la corrosión.

Algunos fabricantes acostumbran poner la presión de ruptura para cada diámetro y cédula de la tubería. Estos valores se obtienen de los laboratorios de pruebas de materiales donde se someten los tubos hasta alcanzar presiones de ruptura.

Se ha encontrado que la fórmula de Barlow corresponde en una forma muy cercana a los valores encontrados en los experimentos.

$$P = 2tS/D$$

Donde S es el esfuerzo de ruptura. Los valores promedio usados para tubos de acero al carbón son:

$$E = 2812 \text{ kg/cm}^2 \text{ para tubos soldados}$$

$$E = 3515 \text{ kg/cm}^2 \text{ para tubos sin costura}$$

Tomemos los ejemplos anteriores para calcular la presión de ruptura.

Para el tubo de 2":

$$P = 2 \cdot 0.0039 \cdot 2812 / 0.0603 = 363.74 \text{ kg/cm}^2$$

Para el tubo de 10":

$$P = 2 \cdot 0.0093 \cdot 3515 / 0.273 = 239.48 \text{ kg/cm}^2$$

Lo anterior sirve para darnos una idea del factor de seguridad con el que estamos operando las tuberías, pero de ninguna manera es referencia para presiones de operación.

Solamente en las líneas de purgas de la caldera usaremos tubería cédula 80, ya que los sólidos que arrastra el agua a alta velocidad causan un desgaste considerable en el tubo. Este es un buen ejemplo para mostrar que la selección de la cédula aplican varios criterios como ya mencionamos y no sólo la presión de trabajo.

A continuación seleccionaremos tres diferentes tipos de tuberías que se producen comercialmente para los rangos de aplicación mencionados.

+Baja presión y baja temperatura

Se recomienda un tubo de acero al carbón de baja resistencia con costura soldado por resistencia eléctrica, fabricado bajo la denominación ASTM A-120

Lo usaremos en las siguientes líneas:

- Línea de alimentación de gas natural
- Líneas de diesel
- Arreglo de tuberías del suavizador

Las presiones que manejan estas tuberías son moderadas y a temperatura ambiente, por lo que se ha seleccionado una tubería con costura y de baja resistencia, no importando que se trate de arreglos roscados o soldados.

Quando se especifique tubería soldable, los extremos de cada tramo deberán tener chafán para ser soldados. Las tuberías roscadas se suministrarán con rosca cónica NPT de acuerdo a cada diámetro, esto aplica a todas las clases de tuberías.

+Presión media y temperaturas altas

Usaremos la tubería con denominación A-53-B con costura, soldado por resistencia eléctrica, que se fabrica con un acero al carbón de resistencia media, que ayudará sobre todo a resistir mayores esfuerzos mecánicos generados por las dilataciones y contracciones.

Lo usaremos en:

- Línea de envío de condensado a deareador
- Línea de agua de alimentación a caldera

Similar al tipo A-120, este tubo es soldado por resistencia eléctrica, aunque se usa un acero de mayor resistencia.

+Presión y temperaturas altas

La especificación recomendada es A-106-B, que se refiere a tubería sin costura fabricada en acero al carbón de alta resistencia.

Lo usaremos en:

- Línea de vapor al cabezal general
- Línea de vapor al deareador

La fabricación de esta tubería bajo el procedimiento sin costura garantiza una máxima seguridad en presiones medias y altas. El acero de mayor calidad soporta mayores esfuerzos causados por dilatación térmica.

5.2) CONEXIONES SOLDABLES

Codos, tees, y tapones serán de acero forjado A-234, muy adecuado para conformar en forja tales figuras. (Anexo 7 y 8)

Esta especificación cubre los tres tipos de aplicaciones de tuberías mencionadas, y como no es posible conseguirlo las conexiones con materiales equivalentes para cada una de las tuberías, A-234 será siempre la norma.

Para reducciones usaremos la especificación A-155-C, que se elabora con un acero de forja adecuado para formas más

sencillas. También cubre las tres aplicaciones y será la norma a seleccionar.

Respecto a las bridas, se usarán las fabricadas en acero forjado especificación A-105-B ASTM, en la especificación de resistencia que corresponda a la válvula o accesorio al que se conectará.

Para el tipo de aplicaciones de nuestro proyecto, las más recomendadas son las de cuello soldable y las deslizables.

+Cuello soldable

El extremo cónico permite soldarse a tope con la tubería a la vez que refuerza la brida y proporciona un transición suave hacia el espesor del tubo. Facilita el relevo de esfuerzos y las radiografías.

Se utiliza en servicios con grandes fluctuaciones térmicas o con altas presiones, o cuando se manejan fluidos peligrosos o costosos, ya que garantiza una conexión más hermética.

+Deslizable

Se recomienda para servicios normales, ya que su resistencia bajo presión interna es menor que las de cuello soldable. Se les prefiere por su facilidad de ensamble y alineación con el tubo, en cuyo corte se puede tener una tolerancia longitudinal grande. Es preferible soldar el tubo en su extremo y en el cuello de la brida al instalarse.

Por lo anterior, usaremos bridas de cuello soldable en las líneas de vapor y bridas deslizables en el resto de las tuberías.

5.3) ESPECIFICACIONES PARA VALVULAS

(Detalle por modelo en anexos del 10 al 15)

5.3.1) Factores a considerar en la selección

+Medida nominal de la válvula

- +Presión de operación y presión máxima
- +Temperatura máxima y mínima
- +Tipo de función: control, bloqueo, retención
- +Tipo de conexión
- +Naturaleza del fluido que se va a manejar
- +Posición en la que trabajará
- +Medio ambiente de operación

5.3.2) Aplicaciones de las válvulas

+Válvulas de compuerta

Este tipo de válvulas está destinado a trabajar totalmente abiertas o totalmente cerradas. En la posición abierta la caída de presión que provocan es mínima. No se recomienda para estrangular o controlar flujos, ya que la compuerta provoca una turbulencia que impide el paso de un caudal siempre uniforme, además que se puede ocasionar daños a la compuerta por el golpeteo que provoca el fluido. En una planta petroquímica casi el 75% de las válvulas instaladas son tipo compuerta.

Generalmente se prefiere el tipo vástago ascendente, ya que de esta forma el operador puede determinar la apertura que tiene la compuerta al observar el desplazamiento del vástago hacia el exterior de la válvula. Esto no ocurre en las de vástago fijo, donde éste se enrosca hacia el interior de la compuerta. Este último tipo tiene la ventaja de preservar el vástago de ataques del medio ambiente cuando éste es muy corrosivo. Para el presente proyecto, todas las válvulas de compuerta seleccionadas serán vástago saliente.

+Válvulas de globo

Se usa para servicios de control, o para paso y control de diámetros pequeños, 1 plg. diámetro o menores. La instalación de este tipo de válvulas se hace de manera que el flujo ascienda por el anillo de asiento contra el fondo del disco o globo. Esto evita que se acumulen desechos sobre el disco, los que a su vez causan problemas de operación.

Para el servicio de regulación de flujo, la válvula de globo es superior a las demás, pero presenta gran resistencia al paso del fluido.

Similar a las válvulas de compuerta, en el caso de las de globo optaremos por vástago saliente en todos los casos.

+Válvulas de retención

Existen del tipo pistón y de columpio. Las primeras se usan cuando hay cambios frecuentes de sentido de flujo, principalmente en diámetros pequeños y donde se instale en líneas horizontales. No tiene la tendencia a cerrar de golpe como la de columpio.

Para diámetros de 2" o menores en líneas horizontales usaremos tipo pistón. En medidas mayores a 2 plg. que no tengan frecuentes retrocesos, vamos a usar la válvula tipo columpio, que generalmente se aplica en la descarga de las bombas, para evitar que el líquido se regrese si falla la bomba.

+Válvulas macho

Se usa con éxito para el cierre o control de gas. Cuando esta válvula se cierra parcialmente, el extremo de entrada y el costado de entrada del cuerpo son las superficies que reciben el impacto del gas que pasa por la cara del tapón. Cuando el gas entra a la cavidad del tapón, su velocidad se reduce. La salida final por la que pasa el gas de la válvula imparte el cambio final de velocidad y el resultado es que la suciedad o material extraño que lleve el gas recibe la máxima velocidad después de pasar la superficie de control y no en ningún punto anterior a esta superficie. La válvula mache es buena estranguladora de gas ya que tiene la habilidad de controlar flujos bajos. La abertura inicial de un macho de puerto rectangular es muy pequeña y va aumentando paulatinamente hasta que el tapón ha girado algunos grados.

5.3.3) Clase para válvulas

+Válvulas baja presión menores de 2"

Las válvulas roscadas que usaremos hasta 2", serán de bronce para las líneas de baja presión. Quiere decir, todas, excepto las de vapor y agua de alimentación a calderas y línea de fosfatos a caldera.

Estas válvulas tienen dos clasificaciones de presión de operación según al uso al que se vayan a destinar.

SWP (steam water pressure) - Presión de vapor de agua

WOG (water, oil or gas) - Agua, aceite o gas

Para las presiones de todas nuestras líneas de agua y condensados usaremos la clase:

125 SWP - 200 WOG, que significa que tales válvulas soportan un presión de vapor máxima de 8.75 kg/cm² (125 psi) a un temperatura máxima de 208 °C, o un presión máxima de 14 kg/cm² de agua en un rango de temperatura de -29 °C a 66 °C.

El cuerpo y los asientos de estas válvulas se fabrican en bronce B-62 ASTM.

La clase y los materiales señalados aplican para las válvulas de compuerta, retención y globo.

+Válvulas de baja presión mayores de 2"

Como ya indicamos anteriormente, usaremos válvulas bridadas para estas dimensiones. La clasificación de clases es igual a las anteriores, pero en este caso el material será hierro.

Saleccionamos nuevamente la clase 125 SWP - 200 WOG , que satisface nuestras condiciones de presión temperatura y fluidos.

El material será cuerpo de hierro comercial y asientos de bronce ASTM B-62

+Válvulas de alta presión

Se usarán en las líneas de vapor, agua de alimentación y fosfatos.

Estas válvulas se fabrican en acero fundido, por lo que su costo es mayor, ya que este material es considerablemente más costoso que el bronce o el hierro. Debido a lo anterior, es necesario considerar cuidadosamente las relaciones presión-temperatura al seleccionar la clase de la válvula.

De acuerdo a la tabla anexa, fig. A-1, observamos que una válvula clase 150, 10.5 kg/cm², a una temperatura de 260 °C (500 °F) resiste una presión de 170 psi, 11.9 kg/cm².

Ahora tomemos la válvula clase 300, 21 kg/cm², que a la misma temperatura resiste 640 psi, 44.81 kg/cm², más que suficiente para nuestra presión máxima de 18 kg/cm².

Analizando el rango de variación de presiones de la clase 300, notamos la drástica diferencia de las presiones de trabajo, que van desde 750 a 200 psi según sea la mínima o la máxima temperatura de operación.

Lo anterior significa, por ejemplo, que si necesito una válvula para vapor a 500 °F con una presión de 600 psi, no necesito seleccionar una clase 600, que sería mucho más costosa, sino que la clase 300 cubre mis necesidades de presión a la temperatura de trabajo del vapor.

La especificación para nuestras aplicaciones será clase 300, con fundición de acero ASTM-216 GR WCB

Los interiores, o sea el disco y el anillo pueden tener varias combinaciones, de acuerdo a la tabla fig. A-7. Para nuestro rango de trabajo seleccionamos disco y anillo de acero inoxidable al 13% de cromo ASTM A276 Tipo410. Son adecuados para un máximo de 593°C, 1100 °F.

+Válvulas macho

Solamente las usaremos en la línea de gas natural. Debido al peligro potencial del manejo de gas se especificará acero fundido ASTM 216 GR WCB clase 150, del tipo no lubricadas, con sellos de teflón.

5.4) ESPECIFICACIONES PARA EMPAQUETADURA

Las uniones roscadas deberán sellarse aplicando cinta de Teflón en las roscas, independientemente del fluido, presión o temperatura.

Las uniones bridadas se dividirán en:

+Uniones bridadas para líneas de agua a temperatura ambiente

Usaremos neopreno de 1/8" espesor como material de empaque entre bridas.

+Uniones bridadas para líneas de vapor y condensado

El material de selección es el asbesto. Existen dos posibilidades, cortar los empaques a partir de una lámina de 1/16", o comprar empaques preformados con anillos de refuerzo de acero inoxidable entre el asbesto y aro centrador. Este último tipo es más seguro y a la larga más económico.

5.5) AISLAMIENTO TERMICO
(Tablas en anexos del 17 al 19)

Las tuberías de vapor y condensado deberán aislarse térmicamente.

Los aislamientos son materiales de baja capacidad de transmisión calórica. Las características de los aislantes en general son:

-Baja densidad, ya que la mayoría de los aislantes integran su estructura en bolsas de aire.

-Baja capacidad de transmisión calórica, que es proporcional al producto del calor específico por la densidad.

-Libres de humedad, ya que ésta descende el valor aislante.

Para aislar superficies de alta temperatura existen varios materiales, como el asbesto, la fibra de vidrio o la lana mineral. Hablando concretamente de tuberías, la fibra de vidrio y la lana mineral tienen el inconveniente de que son incómodas para su manejo e instalación en áreas pequeñas como los tubos. El asbesto expandido presenta algunas ventajas sobre los materiales mencionados:

-Facilidad de instalación, ya que vienen medias cañas preformadas al diámetro exterior de la tubería.

-Resistente al vapor, agua y solventes.

Las características del asbesto expandido son:

Límite de temperatura de servicio	760 °C (1400 °F)
Densidad seco	0.22 gr/cm ³
Resistencia a la flexión	3.86 kg/cm ²
Resistencia a la compresión (5% def.)	6.32 kg/cm ²
Encogimiento lineal	0.74% a 815 °C 1499 °F
Conductividad térmica Kc:	0.45 BTU-pulg/pie ² -h-°F a 500 °F

La conductividad térmica varía según la temperatura de acuerdo a la tabla del anexo no.19.

+Cálculo de espesor de aislamiento para las tuberías de vapor.

Mientras más grueso sea el aislamiento, menor será la pérdida de calor y menor la temperatura en la superficie exterior de la capa aislante. Sin embargo si exageramos en espesor, nuestra decisión puede ser antieconómica, ya que aunque limitemos la pérdida de calor, el incremento de costo del aislamiento puede ser mayor que el beneficio por el ahorro de energía. Basados en datos de muchos años en diversas plantas industriales se ha encontrado que son temperaturas en la superficie del aislamiento entre 36 °C (96 °F) y 60 °C (140 °F) son aceptables para medias cañas de asbesto. Los fabricantes de aislamientos recomiendan mantenerse entre estos rangos para obtener un espesor de aislamiento económico. Con este criterio haremos el cálculo del espesor de aislamientos.

El calor transmitido a través del aislamiento es:

$$q = 2\pi Kc(T_1 - T_2) / 2.3 \log(D_1 - D_2)$$

En esta ecuación tenemos 3 incógnitas: q, T₂ y D₂

Nota: T₁ realmente sería ligeramente inferior a 230 °C, por la pérdida que hay en la transferencia de calor hacia el exterior del tubo, pero como no afecta grandemente nuestros cálculos, la tomamos de esa forma.

D = 10"
T = 230 °C (446 °F)

5.6) PREPARACION PARA EL SERVICIO

+Juntas

Se debe verificar que no existan tornillos flojos en las uniones bridadas y que exista el empaque adecuado entre ellas. Que las uniones roscadas estén apretadas y con empaque de teflón en sus roscas.

+Válvulas

Verificar que todas se encuentren en una orientación apropiada para su operación. Revisar que todas puedan operar libremente. Verificar el apriete de los prensaestopos del vástago. Especialmente en las válvulas de seguridad se revisará que no tengan ninguna obstrucción para la salida de vapor.

+Tuberías

Checar que estén adecuadamente soportadas y ancladas. Dejar libre de aislamiento todas las soldaduras o uniones roscadas para observar fugas si existieran.

+Equipos

Revisar que todos los equipos se encuentren debidamente nivelados y anclados.

+Prueba hidrostática

Aunque la caldera está probada hidrostáticamente en la fábrica, esta prueba se debe repetir en campo incluyendo a los cabezales de vapor y las líneas de interconexión antes de arrancarla.

El procedimiento es el siguiente:

1) Abrir la válvula de venteo de la caldera, sobrecalentador, economizador y tuberías.

2) Aislar los switches de presión y controles y alarmas, ya que elevaremos la presión a una y media veces la presión de diseño.

3) Llenar la caldera y la tubería de vapor con agua suave. El agua deberá estar a temperatura ambiente. Si se encuentra a más de 38 °C, el sistema se llenará lentamente para evitar choques térmicos.

4) Por medio de una bomba conectada una boquilla de la caldera, por ejemplo la de alimentación de químicos, incrementar la presión hasta 1.5 veces la de diseño.

5) Examinar el sistema en busca de fugas. Verificar el manómetro de la bomba. La presión se debe mantenera 1' menos durante una hora, o más si fuera necesario para realizar la inspección.

+Secado

El secado del refractario del generador de vapor es muy importante para asegurar el rendimiento apropiado del refractario cuando esté en servicio. El procedimiento es el siguiente:

1) Llenar la caldera con agua a nivel normal y dejar el venteo del domo abierto.

2) El quemador principal deberá ser encendido por periodos de cinco minutos a fuego mínimo y cinco minutos apagado. Esta operación intermitente deberá continuar por aproximadamente dos horas o hasta que deje de salir vapor por la chimenea. La posición de fuego mínima deberá entonces ser mantenida, conservando en la caldera una presión de 1.75 kg/cm² por dos horas más.

3) Ahora el refractario estará curado y podrá procederse a hacer el hervido. El hervido puede hacerse después del secado.

+Hervido

La razón del hervido de una caldera es limpiar las superficies del lado del agua. Si cualquier película de aceite o tierra está presente en las superficies de acer, la relación de transferencia de calor no será igual. Si el calor no puede pasar a través del acero debido a una contaminación

en el lado de agua, entonces el acero se sobrecalienta causando quemaduras o rupturas. Proceder como sigue:

1) Llenar la unidad con agua hasta el punto más bajo visible en la columna de nivel.

2) Mezclar una libra de sosa cáustica y una libra de carbonato de sodio por cada 300 libras de agua. Alimentarlas a la caldera en forma de lechada usando una bomba dosificadora de químicos a través del domo superior. Una vez que se introducen las sustancias, se cierran todas la sella la unidad.

3) Se enciende el quemador principal a fuego mínimo hasta que el vapor empiece a fluir por la válvula de venteo. Entonces ésta se cerrará parcialmente hasta obtener 7 kg/cm² de presión. Mantener estas condiciones por doce horas y apagar posteriormente.

4) Purgue la unidad hasta el nivel más bajo de la columna de agua. Llène nuevamente con agua suavizada, y encienda el quemador, dejando abierta la purga continua. Repita esta operación de encendido y apagado cada hora hasta que el agua salga libre de impurezas.

5) Cuando el hervido termine, permita que la unidad se enfríe, y entonces drene el generador de vapor. Después de ésto, el equipo se encuentra listo para el arranque.

CONCLUSIONES

El trabajo que hemos desarrollado nos ha dejado como enseñanza los siguientes puntos:

1.- En todo proyecto de ampliación de una planta industrial se debe hacer un cuidadoso análisis de las condiciones de operación presentes de los equipos ya existentes, y en lo posible tratar que los nuevos equipos las respeten, ya que de otra forma resulta antieconómico realizar cambios a las normas de proceso sólo por adquirir cierta maquinaria nueva. En caso de un cambio radical de tecnología es obvio que también es posible pensar en cambios drásticos en las condiciones de operación.

2.- El aspecto ecológico y la ubicación de la fábrica juegan un papel muy importante en la actualidad para la selección de los combustibles de las calderas y en general, para todos los equipos que usan combustibles fósiles. Cuanto más cercanas las plantas de los centros urbanos, mayores las restricciones de emisiones. Este punto se deberá considerar desde la planeación del proyecto.

3.- La construcción de calderas bajo el código ASME hace que los proveedores de las mismas tengan calidades similares si su equipo está certificado por esta institución. Factores como costo, tiempo, de entrega, garantía y servicio vienen a ayudarnos a seleccionar el vendedor.

4.- Debido a los altos costos de los combustibles, siempre se deberá seleccionar un sistema para recuperación de calor, ya sea un precalentador rotatorio o un economizador.

5.- Tener en cuenta siempre las ineficiencias que afectan a los equipos de bombeo así como los aumentos de demanda por servicios no planeados, y compensarlos con un factor de seguridad del 15 al 20 %.

6.- Siempre verificar el cálculo de nuestras bombas contra la curva de comportamiento típica que suministran los fabricantes de la mismas. En caso de discrepancias, revisar el cálculo y si es necesario, consultar con el fabricante.

7.- Usar materiales de alta calidad en tuberías y válvulas. Algunas veces se hace una selección adecuada de los equipos principales, pero se escatima la calidad de tuberías, válvulas y conexiones. Esto es un ahorro mal entendido, ya que una válvula o una conexión defectuosa puede detener la generación de vapor por muchas horas.

8.- Tener en cuenta siempre la expansión térmica de equipos y tuberías. En el caso de la caldera, proporcionar un anclaje adecuado para que se permita la expansión hacia un lado solamente. Tratándose de tuberías de alta temperatura, instalar juntas de expansión para evitar transmitir esfuerzos a la soprtería, bombas o equipos.

BIBLIOGRAFIA

Mataix, Claudio
Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas
Harla, 1972.

Selmeç
Manual de calderas
Selmeç, 1981.

Swift, Donald
Plantas de vapor, arranque prueba y operación
C.E.C.S.A. 1979

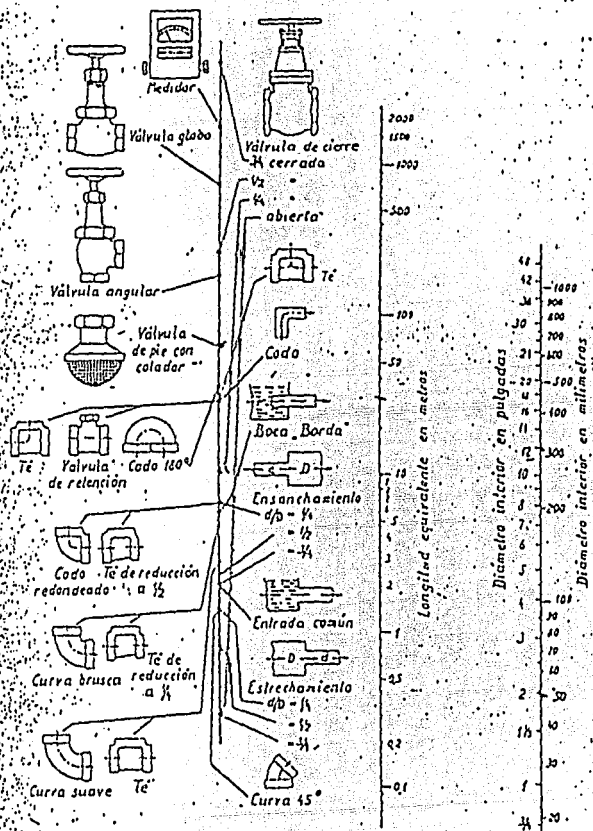
Crane Co.
Flow of fluids
Crane Co., 1976

Worthington
Pump selector for industry
Worthington pump Inc., 1981

Cerrey
C-E fuel burning and steam generating handbook
Cerrey S.A. de C.V., 1988

Severns-Degler-Miles
La producción de energía mediante el vapor de agua, el aire y
los gases
Editorial Reverté S.A., 1976

PERDIDAS SECUNDARIAS EN CONDUCTOS CERRADOS O TUBERIAS



FALLA DE ORIGEN

15. Nomograma de pérdida de carga secundaria de la firma Gould Pumps, U.S.A., en is: de tubería para agua.

**COEFICIENTE DE RUGOSIDAD ABSOLUTA, k PARA TUBERIAS
COMERCIALES**

Tipo de tubería	Rugosidad absoluta k (mm)	Tipo de tubería	Rugosidad absoluta k (mm)
Vidrio, cobre o latón estirado	< 0,001 (o lisa)	Hierro galvanizado.....	0,15 a 0,20
Latón industrial.....	0,025	Fundición corriente nueva...	0,25
Acero laminado nuevo.....	0,05	Fundición corriente oxidada..	1 a 1,5
Acero laminado oxidado.....	0,15 a 0,25	Fundición asfaltada.....	0,1
Acero laminado con incrustaciones.....	1,5 a 3	Cemento alisado.....	0,3 a 0,8
Acero asfaltado.....	0,015	Cemento bruto.....	Hasta 3
Acero soldado nuevo.....	0,03 a 0,1	Acero roblonado.....	0,9 a 9
Acero soldado, oxidado.....	0,4	Duelas de madera.....	0,183 a 0,91

VALORES DE VD PARA AGUA A 15°C (VELOCIDAD EN M/SEG * DIAMETRO EN CM).

0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 1 2 4 6 8 10 20 40 60 80 100 200 400 600 800 1000 2000 4000 6000 8000

VALORES DE VD PARA AIRE A 15°C (VELOCIDAD EN M/SEG * DIAMETRO EN CM).

0.1 2 4 6 8 10 20 40 60 100 200 400 600 800 1000 2000 4000 6000 10000 20000 40000 60000 100000

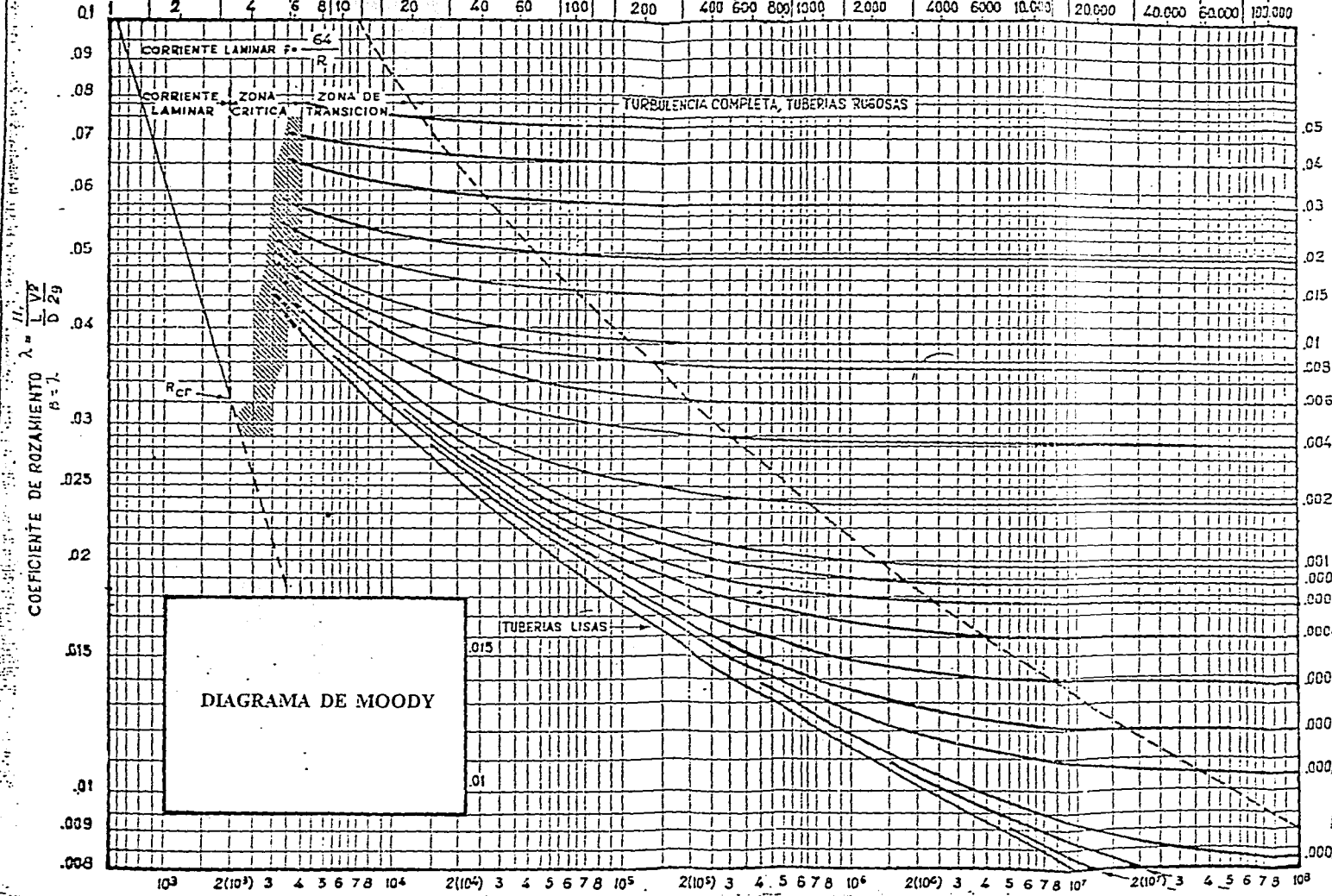


DIAGRAMA DE MOODY

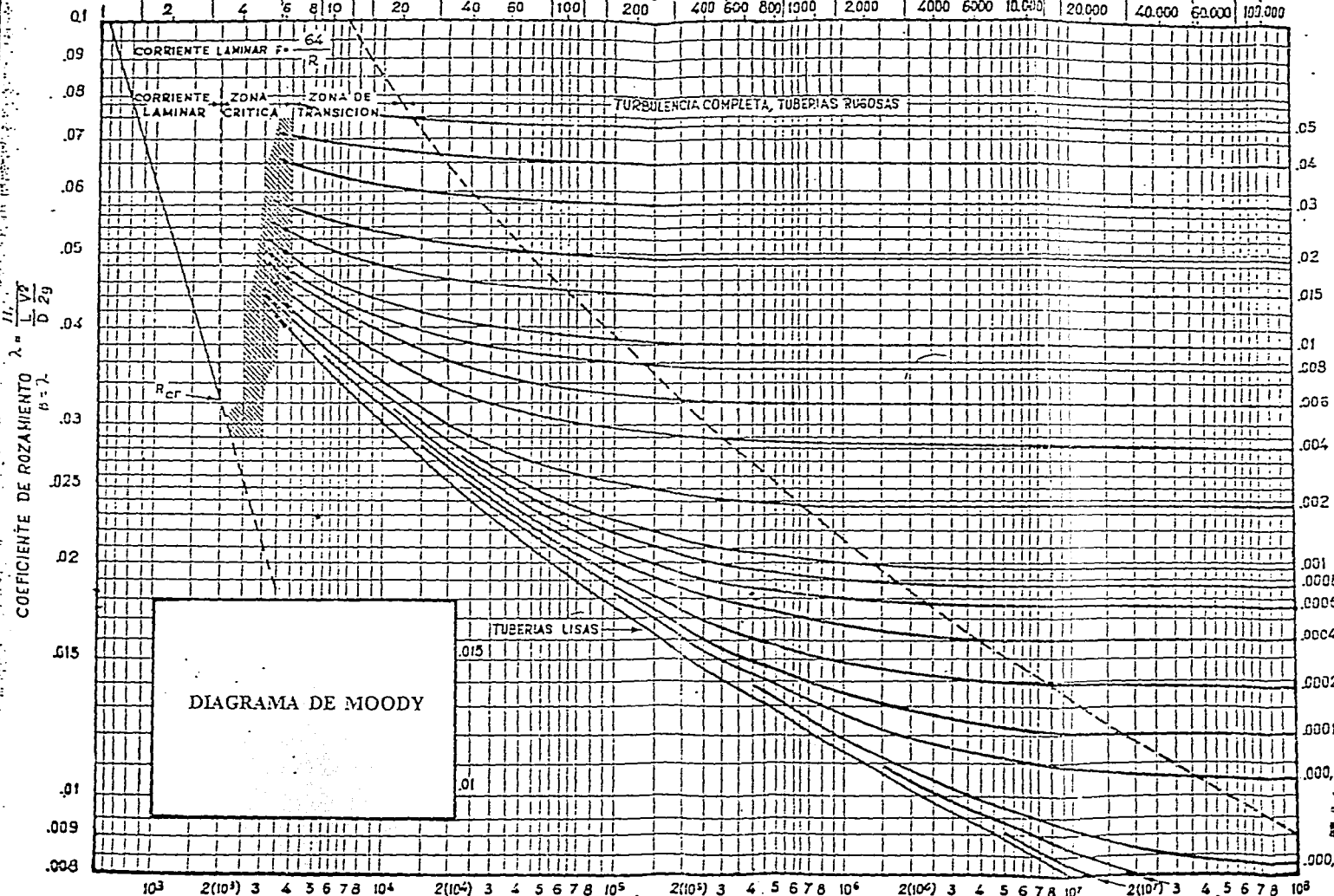
kcm.
Dcm.
RUGOSIDAD RELATIVA
PALLA DE ORIGEN

VALORES DE VD PARA AGUA A 15°C (VELOCIDAD EN M/SEG x DIAMETRO EN CM).

0.1 0.2 0.4 0.6 0.8 1 2 4 6 8 10 20 40 60 80 100 200 400 600 800 1000 2000 4000 6000 8000

VALORES DE VD PARA AIRE A 15°C (VELOCIDAD EN M/SEG x DIAMETRO EN CM).

2 4 5 8 10 20 40 60 100 200 400 600 800 1000 2000 4000 6000 10000 20000 40000 60000 100000



FALTA DE ORIGINAL
 ANEXO

LECTED MAXIMUM ALLOWABLE STRESS VALUES, PSI FOR TYPICAL MATERIALS USED
IN BOILER CONSTRUCTION (FROM A.S.M.E. BOILER AND PRESSURE VESSEL CODE—1988, TABLE PG-23.1)

For Complete Detail and Restrictive Notes See Section I of the Code

Reproduced by special permission of publisher, the American Society of Mechanical Engineers

Stress values in bold face are permissible, but are at temperatures above current practice. Tube and pipe are seamless except those marked ERW (electric resistance welded) for which apply Note (10) as follows: "Above 700 F, stress values include joint efficiency factor, 0.85. For pipe, multiply stress values up to and including 700 F by factor, 0.85; for boiler, water wall, superheater and economizer tubes enclosed within a setting, stress values above 700 F, up to and including 850 F, may be divided by factor, 0.85."

TYPE OF STEEL		SPEC. MIN. TEN- SILE	FOR METAL TEMPERATURE F, NOT EXCEEDING									
ASME SPECIFICATION	GRADE		700	750	800	850	900	950	1000	1050	1100	1150
CARBON STEEL												
Low Strength Carbon												
Tube SA-197	A	47,000	11,500	10,750	9,650	7,100	5,200	3,800	3,000	2,400	1,900	1,500
Tube SA-178 (ERW)	A	47,000	11,500	10,750	9,650	7,100	5,200	3,800	3,000	2,400	1,900	1,500
Intermediate Strength Carbon												
Tube SA-210	A1	60,000	14,400	13,000	10,800	7,800	5,800	4,200	3,300	2,600	2,000	1,600
Tube SA-178 (ERW)	C	60,000	14,400	13,000	10,800	7,800	5,800	4,200	3,300	2,600	2,000	1,600
Plate SA-106	B	60,000	14,400	13,000	10,800	7,800	5,800	4,200	3,300	2,600	2,000	1,600
Plate SA-515	60	60,000	14,400	13,000	10,800	7,800	5,800	4,200	3,300	2,600	2,000	1,600
High Strength Carbon												
Tube SA-210	C	70,000	16,000	14,800	12,000	7,800	5,800	4,200	3,300	2,600	2,000	1,600
Plate SA-106	C	70,000	16,000	14,800	12,000	7,800	5,800	4,200	3,300	2,600	2,000	1,600
Plate SA-515	70	70,000	16,000	14,800	12,000	7,800	5,800	4,200	3,300	2,600	2,000	1,600
SA-799	-	75,000	17,500	15,700	12,000	7,800	5,800	4,200	3,300	2,600	2,000	1,600

FERRITIC ALLOY

Mn—Ni—Mo												
Plate SA-302	B	80,000	20,000	18,500	14,800	11,000	8,200	6,200	4,800	3,800	3,000	2,400
Cr—Ni—Mo												
Tube SA-209	T1	85,000	21,000	19,500	15,500	11,500	8,700	6,700	5,200	4,200	3,400	2,800
Cr—Ni—Mo												
Pipe SA-335	P12	60,000	15,000	15,000	14,800	14,200	13,100	11,000	8,800	7,100	5,800	4,800
Plate SA-367	12CL 2*	85,000	16,500	16,500	15,300	14,500	13,100	11,000	8,800	7,200	5,800	4,800
Ni—Cr—Ni—Mo												
Tube SA-213	T11	60,000	15,000	15,000	15,000	14,400	13,100	11,000	8,800	7,200	5,800	4,800
Pipe SA-335	P11	60,000	15,000	15,000	15,000	14,400	13,100	11,000	8,800	7,200	5,800	4,800
Plate SA-367	11CL 2*	75,000	18,500	18,500	18,200	17,300	15,500	13,000	10,500	8,800	7,200	5,800
Ni—Cr—Mo												
Tube SA-213	T22	60,000	15,000	15,000	15,000	14,400	13,100	11,000	8,800	7,200	5,800	4,800
Pipe SA-335	P22	60,000	15,000	15,000	15,000	14,400	13,100	11,000	8,800	7,200	5,800	4,800
Plate SA-367	22CL 2*	75,000	17,500	17,200	16,300	15,400	13,800	11,500	9,200	7,600	6,200	5,000
Cr—Ni—Mo												
Tube SA-213	T5	60,000	13,700	13,200	12,800	12,100	10,900	8,800	7,200	5,800	4,700	3,800
Pipe SA-335	P5	60,000	13,700	13,200	12,800	12,100	10,900	8,800	7,200	5,800	4,700	3,800
Plate SA-367	5	60,000	13,700	13,200	12,800	12,100	10,900	8,800	7,200	5,800	4,700	3,800
Cr—Ni—Mo												
Tube SA-213	T9	60,000	13,700	13,200	12,300	12,100	11,400	10,600	7,400	5,000	3,300	2,200
Pipe SA-335	P9	60,000	13,700	13,200	12,300	12,100	11,400	10,600	7,400	5,000	3,300	2,200

TYPE OF STEEL		SPEC. MIN. TEN- SILE	FOR METAL TEMPERATURE F, NOT EXCEEDING									
SPEC NUMBER	GRADE		600	650	700	750	800	850	900	950	1000	1050
AUSTENITIC SEAMLESS ALLOY												
Cr—Ni												
Tube SA-213	TP304H	75,000	15,200	14,900	14,700	14,400	13,800	12,700	9,800	7,700	6,100	4,700
Tube SA-213	TP304H	75,000	10,100	10,400	10,200	10,000	9,800	9,500	9,200	7,700	6,100	4,700
Pipe SA-312	TP304H	75,000	15,200	14,900	14,700	14,400	13,800	12,700	9,800	7,700	6,100	4,700
Pipe SA-312	TP304H	75,000	10,100	10,400	10,200	10,000	9,800	9,500	9,200	7,700	6,100	4,700
Pipe SA-316	TP316H	75,000	15,200	14,900	14,700	14,400	13,800	12,700	9,800	7,700	6,100	4,700
Pipe SA-316	TP316H	75,000	10,100	10,400	10,200	10,000	9,800	9,500	9,200	7,700	6,100	4,700

*Normalized and tempered

FALLA DE ORIGEN

WROUGHT STEEL PIPE DATA

Nominal Pipe Size Inches	Outside Diameter (D) Inches	Schedule No. 1 - Standard 5 - Extra Strong 10 - Double Extra Strong	Wall Thickness (t) Inches	Inside Diameter (i) Inches	Transverse Internal Area Square Inches	Weight of Pipe	
						Pounds per foot	Pounds per foot of pipe
1/2	0.405	40s	.063	299	0.563	244	.025
		80s	.075	215	0.914	314	.016
3/4	0.540	40s	.063	354	1.041	424	.045
		80s	.119	302	0.716	535	.031
1	0.675	40s	.091	473	1.310	567	.033
		80s	.126	423	1.426	738	.051
1 1/2	0.840	40s	.109	622	3.340	850	.132
		80s	.147	545	2.340	1,087	.102
		160	.187	456	1.706	1,300	.074
		11	.234	252	0.60	1,711	.027
2	1.050	40s	.113	824	5.330	1,130	.231
		80s	.154	742	4.330	1,473	.183
		160	.218	614	2.951	1,940	.126
		11	.309	434	1.45	2,440	.064
2 1/2	1.315	40s	.133	1,049	8.420	1,678	.375
		80s	.179	957	7.199	2,171	.317
		160	.250	815	5.717	2,840	.230
		11	.353	599	2.82	3,651	.122
3	1.660	40s	.140	1,330	11.495	2,272	.649
		80s	.191	1,273	1,283	2,995	.555
		160	.250	1,150	1,057	3,764	.458
		11	.382	825	6.39	5,214	.273
3 1/2	1.960	40s	.145	1,510	20.016	2,717	.892
		80s	.200	1,500	1,767	3,631	.765
4	2.375	160	.281	1,328	1,406	4,862	1.028
		11	.400	1,100	950	6,408	.42
5	2.875	40s	.154	2,057	3,355	3,652	1.45
		80s	.218	1,939	2,953	5,022	1.28
		160	.343	1,629	2,241	7,440	.97
		11	.436	1,503	1,774	9,029	.77
6	3.500	40s	.201	2,149	4,723	5,79	2.07
		80s	.276	2,323	4,233	7,66	1.87
		160	.375	2,125	3,546	10,01	1.54
		11	.552	1,771	2,454	13,70	1.07
8	4.500	40s	.216	3,053	7,393	7,53	3.20
		80s	.300	2,900	6,605	10,25	2.86
		160	.438	2,624	5,408	14,32	2.35
		11	.600	2,300	4,155	18,58	1.80
10	5.563	40s	.275	3,543	9,226	9,11	4.29
		80s	.313	3,354	8,223	12,51	3.84
		40s	.237	4,076	12,73	10,79	5.50
		80s	.317	3,825	11,50	14,98	4.98
12	6.625	120	.430	3,624	10,31	19,00	4.17
		160	.511	3,438	9,28	22,51	4.02
		11	.674	3,152	7,80	27,54	3.38
		40s	.258	5,647	20,01	14,62	8.67
14	7.875	80s	.375	4,813	18,19	20,78	7.88
		120	.500	4,563	16,35	27,10	7.09
		160	.625	4,313	14,61	32,96	6.33
		11	.750	4,053	12,97	38,55	5.61
16	9.375	40s	.280	6,055	28,87	18,97	12.51
		80s	.432	5,761	26,07	28,57	11.29
		120	.562	5,501	23,27	36,40	10.30
		160	.718	5,189	21,15	45,30	9.16
11	.864	4,877	18,54	53,16	8.16		

CALL OF ORDER

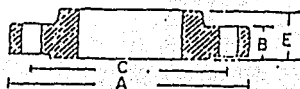
TUBIX

BRIDAS ESTANDAR

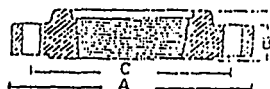
CARA REALZADA O CARA PLANA



WELDABLE
FLANGE (WN)



SLIP-ON
(SO)



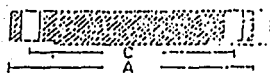
THREADED
(TF)



SOCKET WELD
(SW)



SOCKET WELD
(SW)



BLIND
(BL)

FLANGE FACE THICKNESS 1.5 mm. (1/16")

Ø	FLANGE-TIPO EXTERIOR		ESPEZOR	TORNILLOS		CUELLO SOLDABLE	ROSCADA DESLIZABLE CAJA, F/ SOL.		TRASLAPSE		CIENGA
	A	B		No.	DIAM. 1/2"		D	PESO	E	PESO	
n.					C						
mts. pulg.	mts. pulg.	mts. pulg.		mts. pulg.	mts. pulg.	mts. pulg.	lbs.	mts. pulg.	lbs.	mts. pulg.	lbs.
12.7 1/2	89.9 3 1/2	11.11 7/16	4	15.87 5/8	60.32 2 3/8	47.62 1 7/8	.9 1.98	15.87 5/8	.9 1.98	15.87 5/8	.9 1.98
19.05 3/4	98.42 3 7/8	12.7 1/2	4	15.87 5/8	69.65 2 3/4	52.38 2 1/16	.9 1.98	15.87 5/8	.9 1.98	15.87 5/8	.9 1.98
25.4 1	107.95 4 1/4	14.29 9/16	4	15.87 5/8	79.37 3 1/8	55.96 2 3/16	.9 1.78	17.46 11/16	.9 1.98	17.46 11/16	.9 1.98
31.75 1 1/4	117.0 4 5/8	15.87 5/8	4	15.87 5/8	80.9 3 1/2	57.15 2 1/4	1.8 2.95	20.63 13/16	1.4 2.03	20.63 13/16	1.4 2.03
38.1 1 1/2	127 5	17.46 11/16	4	15.87 5/8	90.42 3 7/8	61.91 2 7/16	2.3 5.06	22.22 7/8	1.4 3.02	22.22 7/8	1.4 3.02
50.8 2	152.4 6	19.05 3/4	4	19.05 3/4	120.65 4 3/4	63.4 2 1/2	2.9 6.28	25.4 1	2.3 5.06	25.4 1	2.3 5.06
63.5 1 1/2	177.8 7	22.22 7/8	4	19.05 3/4	139.7 5 1/2	69.05 2 3/4	4.5 9.9	28.57 1 1/2	3.6 7.92	28.57 1 1/2	3.6 7.92
76.2 3	190.5 7 1/2	23.81 15/16	4	19.05 3/4	152.4 6	69.05 2 3/4	5.7 12.34	30.16 1 3/16	4.1 3.25	30.16 1 3/16	4.1 9.02
89.9 3 1/2	215.9 8 1/2	23.81 15/16	4	19.05 3/4	172.8 6 1/2	71.43 2 11/16	6.5 14.1	31.75 1 1/2	5 11	31.75 1 1/2	5 11
101.6 4	228.6 9	23.81 15/16	4	19.05 3/4	190.5 7 1/2	76.2 3	7.3 16.06	33.33 1 5/16	5.9 12.98	33.33 1 5/16	5.9 12.98
127 5	254 10	23.81 15/16	4	22.72 7/8	215.9 8 1/2	80.9 3 1/2	9.5 20.9	36.51 1 7/16	6.8 14.88	36.51 1 7/16	6.8 14.88
152.4 6	279.4 11	25.4 1	4	22.72 7/8	241.1 9 1/2	89.9 3 1/2	11.3 24.86	39.67 1 9/16	8.2 18.34	39.67 1 9/16	8.2 18.34

TUBIX

BRIDAS ESTANDAR

CARA REALZADA O CARA PLANA

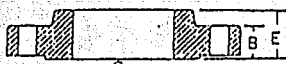
CLASE

21.1 Kg/cm²

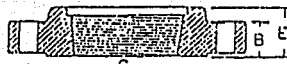
(300 lbs/plg.²)



WELLO SOLDABLE
RING NECK - WN)



DESGLIZABLE
(SLIP ON - SO)



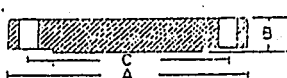
ROSCADA
(THREADED THD)



TRASLAPE
(LAP JOINT LJ)



CAJA P/SOLDAR
(SOCKET WELD SW)



CIEGA
(BLIND BLT)

REALCE DE LA CARA 1.5 mm. (1/16")

Ø In.	ITAMBO EN INFERIOR		ESPE- SOR	TORNILLOS			CUELLO SOLDABLE		ROSCADA DESGLIZABLE CAJA P/SOL.		TRASLAPE		CIEGA
	A	B		No.	DIAM.	C	D	PESO	E	PESO	F	PESO	
	mm. pulg.	mm. pulg.		mm. pulg.	mm. pulg.	mm. pulg.	Kgr. lbs.	mm. pulg.	Kgr. lbs.	mm. pulg.	Kgr. lbs.	Kgr. lbs.	
13	95.3	14.3	4	12.7	66.5	52.1	1.8	22.2	1.4	22.2	1.4	0.2	
1/2	3 3/8	5/16		1/2	2 5/8	2 1/4	4	7/8	3/8	7/8	3/8	3	
19	117.2	15.9	4	15.2	102.6	57.2	1.8	25.4	1.4	25.4	1.4	1.4	
3/4	4 5/8	5/8		5/8	3 1/4	2 1/4	4	1	1	1	1	2	
25	127.0	17.5	4	15.9	109.9	61.0	2.3	27.0	1.4	27.0	1.4	1.8	
1	4 7/8	1 1/16		1 1/2	3 7/8	2 7/8	5	1 1/16	3	1 1/16	3	4	
32	133.4	19.1	4	15.9	109.1	65.1	2.7	27.0	1.8	27.0	1.4	2.7	
1 1/4	5 1/4	3/8		1 1/2	3 7/8	2 3/4	6	1 1/16	4	1 1/16	4	6	
38	155.6	20.6	4	19.1	114.2	68.3	4.1	30.2	2.7	30.2	2.7	3.2	
1 1/2	6 1/8	13/16		3/4	4 1/2	2 3/16	9	1 3/16	6	1 3/16	6	7	
51	165.1	22.2	8	15.9	127.0	69.9	3.9	31.3	3.2	33.3	3.2	3.4	
2	6 1/2	7/8		5/8	5	2 1/4	8.5	5/16	7	5/16	7	8	
64	190.5	25.4	8	19.1	140.2	76.2	4.8	33.1	4.3	35.1	4.3	6.3	
2 1/2	7 1/2	1		3/4	5 7/8	3	10.5	1 1/16	10	1 1/16	10	15	
70	203.0	28.0	8	19.1	148.3	73.2	5.0	32.9	6.4	32.3	5.3	7.3	
3	8 1/8	1 1/8		3/4	6 1/8	3 1/8	11	1 1/16	14	1 1/16	13	14	
102	254	31.0	8	19.1	201.0	85.3	8.5	41.6	8.5	43.0	10.5	14.3	
4	10	1 1/4		3/4	7 7/8	1 1/4	21	1 7/8	21	1 7/8	20	23	
127	279.4	34.9	8	19.1	235.0	96.4	11.1	50.0	12.7	53.0	12.7	16.0	
5	11	1 1/8		1 1/2	9 1/4	1 7/8	25	2	28	2	28	41	
152	317.5	36.5	12	19.1	269.9	104.4	16.6	52.4	16.6	52.4	17.7	22.7	
6	12 1/2	1 7/16		1 1/2	10 5/8	1 7/8	41	2 1/8	37	2 1/8	39	50	
203	381.0	41.3	12	22.2	330.2	113.1	31.8	61.9	25.0	61.9	26.3	36.1	
8	15	1 5/8		1 1/2	11	1 1/2	30	2 7/8	55	2 7/8	58	81	
254	444.5	47.0	16	25.4	387.4	127.4	47.6	66.1	34.5	75.3	41.3	54.4	
10	17 1/2	1 7/8		1 1/2	15 1/2	1 5/8	64	2 5/8	72	2 5/8	81	120	
305	520.7	50.4	16	28.0	450.9	138.2	63.5	73.0	37.2	101.6	63.1	86.7	
12	20 1/2	2		1 1/2	17 1/2	1 7/8	80	2 7/8	115	4	101	138	
350	584.2	54.0	20	28.6	514.2	142.9	66.2	76.2	33.8	111.1	65.7	109.9	
14	23	2 1/8		1 1/2	20 1/4	1 5/8	90	3	101	1 3/4	109	227	
406	647.7	57.2	20	31.8	591.5	166.1	113.4	102.5	49.0	120.7	104.9	148.5	
16	25 1/2	2 1/4		1 1/2	22 1/2	1 5/8	250	1 3/4	250	1 3/4	240	312	
457	711.2	60.3	24	31.8	620.7	156.0	138.3	101.9	127.0	130.2	130.1	181.5	
18	28	2 3/8		1 1/2	24 1/4	1 7/8	305	1 1/2	250	1 1/8	305	375	
508	774.7	61.5	24	31.8	645.9	161.9	172.4	101.9	147.1	139.7	131.1	201.6	
20	10 1/2	2 1/2		1 1/2	27	1 7/8	380	1 1/2	325	1 1/2	325	402	
610	814.4	67.9	24	31.8	671.0	167.9	211.0	106.4	171.2	152.4	150.4	221.4	
24	36	2 3/4		1 1/2	32	1 5/8	450	1 1/2	382	6	590	721	

FALLA DE ORIGEN.

DATOS DE INGENIERIA

RELACIONES PRESION-TEMPERATURA

Fundición de Acero, ASTM-A-216-G11, WC1
Válvulas de Compuerta, Globo y Retención
Extremos bridados y soldables.

Relaciones de presión - temperatura. Clase Estándar, ANSI B16.34-1977

Temperatura °F	Máximas condiciones de operación en Psi, por clases						
	150	300	400	600	900	1500	2500
-20 a 100	285	740	990	1480	2220	3705	6170
200	260	675	900	1350	2025	3375	5625
300	230	655	875	1315	1970	3280	5470
400	200	635	845	1270	1900	3170	5280
500	170	600	800	1200	1795	2995	4990
600	140	550	730	1095	1640	2735	4560
650	125	535	715	1075	1610	2695	4475
700	110	535	710	1065	1600	2665	4410
750	95	505	670	1010	1510	2520	4200
800	80	410	550	825	1235	2060	3430
850	65	270	355	535	805	1340	2230
900	50	170	230	345	515	860	1430
950	35	105	140	205	310	515	860
1000	20	50	70	105	155	260	430

* Rangos de temperatura permisibles, pero no recomendados para usos prolongados arriba de 800° F.

- A1: Cuando la instalación requiera uniones soldables, se debe tomar en consideración la posible formación de grafito en el acero al carbón arriba de 800° F.

RELACIONES PRESION-TEMPERATURA

Fundición de Acero, ASTM-A-217-G11, WC6*
Válvulas de Compuerta, Globo y Retención
Extremos bridados y soldables.

Relaciones de presión - temperatura. Clase Estándar, ANSI B16.34-1977

Temperatura °F	Máximas condiciones de operación en Psi, por clases						
	150	300	400	600	900	1500	2500
-20 a 100	290	750	1000	1500	2250	3750	6250
200	260	710	950	1425	2135	3560	5930
300	230	675	895	1345	2020	3365	5605
400	200	660	880	1315	1975	3280	5485
500	170	640	855	1285	1925	3210	5350
600	140	605	805	1210	1815	3025	5040
650	125	590	785	1175	1765	2940	4905
700	110	570	755	1135	1705	2840	4730
750	95	530	710	1065	1595	2660	4430
800	80	510	675	1015	1525	2540	4230
850	65	485	650	975	1460	2435	4060
900	50	450	600	900	1350	2245	3745
950	35	380	505	755	1130	1885	3145
1000	20	225	300	445	670	1115	1860
1050	20*	140	185	275	410	685	1145
1100	20*	95	130	190	290	480	800

* Para extremos soldables únicamente. Los rangos para extremos bridados son válidos únicamente hasta 1000° F.

- 2: Cuando la instalación requiera uniones soldables, se debe tomar en consideración la posible formación de grafito en el acero al molibdeno arriba de 875° F.
No usar este material arriba de 1100° F.

FALLA DE ORIGEN

COMPUERTA BRONCE

CLASE 125

FIGURAS W55 (1/4" - 3"), W55SJ (1/4" - 3")

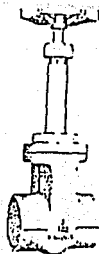
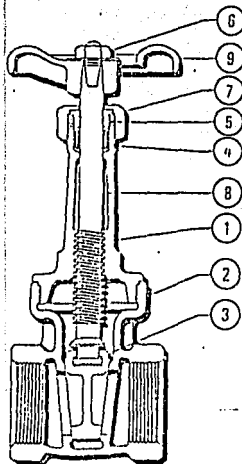


Fig. W55SJ



- La posición del volante indica si la válvula está abierta o cerrada
- Para trabajo ligero y medio
- Condiciones generales de trabajo como vapor, aceite, agua o gas

LISTA DE PARTES Y MATERIALES

DESCRIPCION	MATERIAL	A S T M
1 Bonete	Bronce	B 62
2 Cuerpo	Bronce	B 62
3 Disco	Bronce	B 62
4 Empaques	Asbesto con teflón [®]	
5 Prensa empaques	Latón	B 16
6 Tuerca del volante	Aluminio	
7 Tuerca prensaempaques	Bronce	B 62
8 Vástago	Bronce al silicio	B 584-875
9 Volante	Aluminio	B 85-S 12A

* 13 mm. (1/2") y menores es de latón B 16.

DIMENSIONES Y PESOS

Fig. W55

	DIAMETRO mm.	6	10	15	20	25	32	40	50	65	80
NOMINAL	pulg.	1/4	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3
A	mm.	45	45	48	57	64	73	78	81	102	111
	pulg.	1 3/4	1 3/4	1 7/8	2 1/4	2 1/2	2 7/8	3 1/16	3 1/16	4	4 3/8
B	mm.	107	107	127	160	176	222	251	313	362	416
	pulg.	4 1/32	4 1/32	5	6 1/16	6 1/16	8 23/32	9 7/8	12 3/16	14 1/4	16 3/8
C	mm.	57	57	57	70	70	83	102	110	130	130
	pulg.	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 3/4	2 3/4	3 1/4	4	4 3/16	5 1/8	5 1/8
PESOS	Kg.	0,40	0,40	0,54	0,86	1,08	1,54	2,35	3,49	5,89	8,16
	Lb.	0,9	0,9	1,2	1,9	2,4	3,4	5,2	7,7	13	18

Fig. W55SJ

	DIAMETRO mm.	10	15	20	25	32	40	50	65	80
NOMINAL	pulg.	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3
A	mm.	37	44	64	73	79	89	105	116	129
	pulg.	1 13/32	1 1/2	2 1/4	2 7/8	3 1/8	3 1/4	4 1/8	4 5/8	5 1/16
B	mm.	107	127	160	176	222	251	313	362	416
	pulg.	4 1/32	5	6 1/16	6 1/16	8 23/32	9 7/8	12 3/16	14 1/4	16 3/8
C	mm.	57	57	70	70	83	102	110	130	130
	pulg.	2 1/4	2 1/4	2 3/4	2 3/4	3 1/4	4	4 3/16	5 1/8	5 1/8
D*	mm.	18	19	25	25	30	33,3	36	41	44
	pulg.	23/32	3/4	1	1	1 1/16	1 1/16	1 1/16	1 5/8	1 1/2
PESOS	Kg.	0,31	0,31	0,54	0,77	1,27	1,76	2,72	3,85	5,44
	Lb.	0,7	0,7	1,2	1,7	2,8	3,9	6	8,5	12

* Distancia entre fondos de cajas.

NORMAS APLICABLES

Fig. W55 (1/4"-3")

Especificaciones Federales
WW-V-54D, Tipo II, Clase A

Fig. W55SJ (1/4"-3")

Especificaciones Federales

WW-V-54D, Tipo II, Clase A, Extremos 3
MSS - SP - 80

CLASES DE PRESION-TEMPERATURA

1/Pulg. 2 Vapor 208°C
2/Pulg. 2 AGA -29°C a 66°C

GLOBO BRONCE

CLASE 125

FIGURA: W 60 (1/4" - 2")

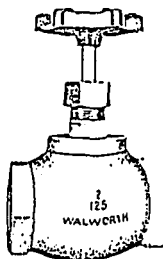
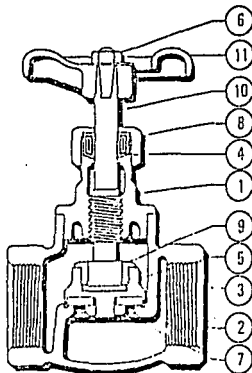


Fig. W 60



CARACTERISTICAS DE DISEÑO:

- Bonete Roscado
- Vástago Ascendente
- Asientos Integrales
- Extremos Roscados
- Disco de Teflón®

SERVICIOS RECOMENDADOS:

- Proporciona cierre hermético en el manejo de gases
- Para trabajo ligero y medio

LISTA DE PARTES Y MATERIALES

DESCRIPCION	MATERIAL	A S T M
1 Bonete	Bronce	B 62
2 Cuerpo	Bronce	B 62
3 Disco	Teflón®	
4 Empaques	Asbesto con teflón®	
5* Porta Disco	Bronce 1/2"	B 62
6 Tuercas del volante	Aluminio	
7 1/2 Tuercas Inferior del Disco	Latón 1/2-1 1/4"	B 16
	Bronce 1/2-2"	B 62
8 Tuercas Prensaempaques	Bronce	B 62
9 Tuercas Superior del Disco	Latón 1/2-2"	B 16
10 Vástago	Bronce al Silicio	B 584-875
11 Volante	Aluminio	B 85-S 12A

* 13 mm. (1/2") y menores es integral al vástago.

† 10 mm. (3/8") y menores se utiliza un tornillo.

DIMENSIONES Y PESOS

Fig. W60

DIAMETRO NOMINAL	DIMENSIONES Y PESOS							
	6	10	15	20	25	32	40	50
mm.	1/2	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2
pulg.	49	49	54	65	83	95	106	127
A	1 13/16	1 13/16	2 1/8	2 9/16	3 1/4	3 3/4	4 3/16	5
mm.	87	87	87	105	121	145	159	168
pulg.	3 7/16	3 7/16	3 7/16	4 1/8	4 3/4	5 11/16	6 1/4	6 5/8
mm.	57	57	57	70	70	83	102	110
C	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	2 1/4	3 1/4	4	4 5/16
pulg.	0.31	0.35	0.36	0.81	1.04	1.58	2.40	3.94
PESOS	Kg.	0.7	0.8	0.8	1.8	2.3	3.5	5.3
Lb.-		0.7	0.8	0.8	1.8	2.3	3.5	5.3

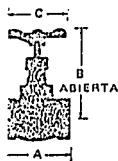
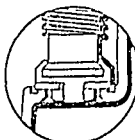


Fig. W 60



Detalle del Disco
19-25 mm. (3/4-1")

NORMAS APLICABLES

Fig. W60 (1/4" - 2")

Especificaciones Federales

WW-V-51F, Tipo I, Clase A, Extremos 1

MSS - SP - 80

RANGOS DE PRESION-TEMPERATURA

25 Lb./Pulg.² Vnpor 208°C
30 Lb./Pulg.² AGA -29°C a 66°C

FALLA DE ORIGEN

RETENCION COLUMPIO

BRONCE

CLASE 125

FIGURAS: W 406 (3/8" - 2") W 406 SJ (3/8" - 2")

CARACTERISTICAS DE DISEÑO:

- Tapa Roscada
- Extremos Roscados Fig. W 406
- Extremos Soldables Fig. W 406 SJ

SERVICIOS RECOMENDADOS:

- Para prevención de contrallujos
- Servicios generales como vapor, aceite, agua o gas
- El diseño Y ofrece buenas características de flujo
- Mínima caída de presión

LISTA DE PARTES Y MATERIALES

DESCRIPCION	MATERIAL	A S T M
1 Columpio	--Bronce	B 62
2 Cuerpo	Bronce	B 62
3* Disco	Bronce	B 62
4 Perno de Columpio	Latón	B 16
5 Tapa	Bronce	B 62
65 Tapón lateral	Latón	B 16
7 Tuerca del Disco	Latón	B 16

** 13 mm. (1/2") y menores es de latón B 16.

† No mostrado.

DIMENSIONES Y PESOS

Fig. W 406

	DIAMETRO mm.	10	15	20	25	32	40	50
NOMINAL	pulg.	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2
A	mm.	48	54	65	81	95	106	127
	pulg.	1 7/8	2 1/8	2 5/8	3 1/8	3 3/4	4 1/8	5
B	mm.	32	37	44	54	65	76	89
	pulg.	1 1/4	1 3/8	1 3/4	2 1/8	2 5/8	3	3 3/4
PESOS	Kg.	0.22	0.22	0.36	0.58	0.86	1.13	1.85
	Lb.	0.5	0.5	0.8	1.3	1.9	2.5	4.1

DIMENSIONES Y PESOS

Fig. W 406 SJ

	DIAMETRO mm.	10	15	20	25	32	40	50
NOMINAL	pulg.	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2
A	mm.	44	56	81	98	113	127	158
	pulg.	1 3/4	2 1/8	3 1/8	3 7/8	4 3/8	5	6 1/4
B	mm.	32	35	43	52	64	73	87
	pulg.	1 1/4	1 3/8	1 11/16	2 1/32	2 1/2	2 7/8	3 3/16
D	mm.	25	30	43	52	64	71	87
	pulg.	1	1 1/16	1 11/16	2 1/16	2 1/2	2 13/16	3 3/16
PESOS	Kg.	—	0.18	0.31	0.54	0.77	1.08	1.76
	Lb.	—	0.4	0.7	1.2	1.7	2.4	3.9

* Distancia entre fondos de cajas.

Anexo 12

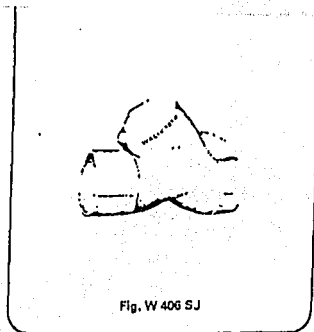


Fig. W 406 SJ

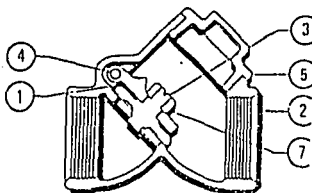


Fig. W 406



Fig. W 406 SJ

NORMAS APLICABLES

Fig. W 406 (3/8" - 2")

Especificaciones Federales
WW-V-51F, Tipo IV, Clase A, Extremos 1
MSS - SP - 80

Especificaciones Federales
WW-V-51F, Tipo IV, Clase A, Extremos 3
MSS - SP - 80

RANGOS DE PRESION-TEMPERATURA

125 Lb./Pulg.² Vapor 208°C
200 Lb./Pulg.² AGA -29°C a 66°C



Fig. W 73

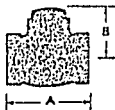
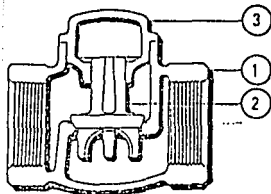


Fig. W 73

ARMAS APLICABLES

W 73: (1/2" - 2")

especificaciones Federales

V-V-51F, Tipo III, Clase A, Extremos I

IS - SP - 60

NGOS DE PRESION-TEMPERATURA

Lb./Pulg.² Vapor 203°C

Lb./Pulg.² AGA 29°C a 66°C

RETENCION PISTON BRONCE CLASE 125

FIGURA: W 73 (1/2" - 2")

CARACTERISTICAS DE DISEÑO:

- Tapa Roscada
- Extremos Roscados
- Abertura para Flujo Completo

SERVICIOS RECOMENDADOS:

- Se recomienda donde existen cambios frecuentes de flujo
- Instalación Horizontal
- Servicios generales como vapor, aceite, agua o gas

LISTA DE PARTES Y MATERIALES

DESCRIPCION	MATERIAL	ASTM
1 Cuerpo	Bronce	B 62
2* Disco	Bronce	B 62
3 Tapa	Bronce	B 62

* 10 mm. (3/8") y menores es de latón B 16.

DIMENSIONES Y PESOS

Fig. W 73

DIAMETRO mm.	6	10	15	20	25	32	40	50
NOMINAL pulg.	1/4	3/8	1/2	3/4	1"	1 1/4	1 1/2	2"
A mm.	49	49	56	68	81	94	106	130
A pulg.	1 13/16	1 15/16	2 1/16	2 11/16	3 1/16	3 11/16	4 1/16	5 1/8
B mm.	29	29	32	39	45	52	59	71
B pulg.	1 1/8	1 1/8	1 1/4	1 11/32	1 25/32	2 1/16	2 3/16	2 25/32
PESOS Kg.	0.13	0.18	0.31	0.54	0.72	1.08	1.54	2.81
Lb.	0.3	0.4	0.7	1.2	1.6	2.4	3.4	6.2

Precaución: No usarse para servicio de compresores de aire recíprocos.

Las válvulas de retención WALWORTH pueden instalarse en líneas horizontales y verticales con flujo ascendente o en cualquier posición intermedia. Operan satisfactoriamente en pendientes no mayores de 15°.

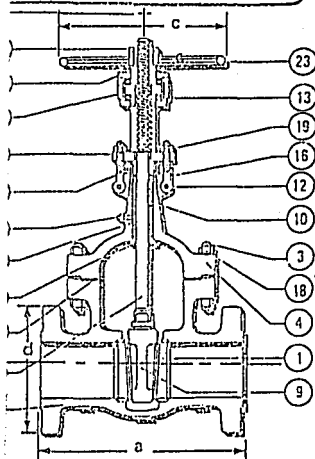
FALLA DE ...

COMPUERTA ACERO FUNDIDO CLASE 600

FIGURAS: 5232F, 5232WE(2"-24")



Fig. 5232F



CARACTERISTICAS

Vástago Ascendente,
Volante fijo,
Yugo y Bonete Bridado,
Anillos Soldados,
Derivación Lateral Opcional (4" y mayores).

Cámara de Condensados Opcional,
Extremos Bridados (Fig. 5232F)
Extremos Soldados (Fig. 5232WE),
Disco Sólido.

LISTA DE PARTES Y MATERIALES

DESCRIPCION	MATERIAL	ESPECIFICACION ASTM
1 Anillo de asiento*	—	—
2 Carquillo*	—	—
3 Birlo	Acero aleado	A103 GR B7
4 Bonete*	Fundición de acero al carbón	A216 GR WCB
5 Drida prensaempaques	Fundición de acero al carbón	A216 GR WCB
6 Duje cámara de condensado	Acero Inoxidable 13% Cr.	A276 TIPO 410
7 Duje prensaempaques	Acero Inoxidable 13% Cr.	A276 TIPO 410
8 Cuerpo*	Fundición de acero al carbón	A216 GR WCB
9 Disco*	—	—
10 Eempaques	Asbesto lubricado reforzado (con anticorrosivo)	Comercial
11 Junta	Acero corrugado	Comercial
12 Perno tornillo de ojo	Acero aleado	A29 4140
13 Rodamientos	Acero	Comercial
14 Tapa de rodamientos	Acero al carbón	A515 GR 70
15 Tapón	Acero	Comercial
16 Tornillo de ojo	Acero	AISI C-1045
17 Tornillos tapa rodamientos**	Acero al carbón	A307 GR B
18 Tuercas de birlo	Acero al carbón	A104 GR 2H
19 Tuercas de tornillo de ojo	Acero	Comercial
20 Tuercas de vástago	Bronce	D14B E GR 95500
21 Tuercas del volante	Bronce	D14B E GR 95500
22 Vástago*	—	—
23 Volante	Hierro maleable	A107 /

NOTAS APLICABLES PARA LA CLASE 600:

Las flechas Compuerta de Acero (2" - 24"), API 600
las de Acero, ANSI B16.34-1977, Clase Estándar
Cara, Extremo a Extremo, ANSI B16.10
mos Bridados ANSI B16.5
mos Soldados, ANSI B16.25

* Especificación de materiales para cuerpos, bonete e interiores se muestran en la sección correspondiente.

** No mostrado.

FALLA DE ORIGEN

RETENCION ACERO FUNDIDO CLASE 1500

FIGURAS: 5356F, 5356WE (1 1/2" - 8")

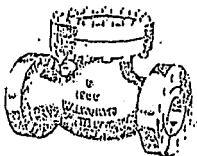


Fig. 5356F

CARACTERISTICAS

Tapa bridada,
Anillos roscados o soldados,
Eje líneas horizontales y verticales,
Extremos Bridados (Fig. 5356F),
Extremos Soldables (Fig. 5356WE).

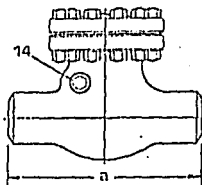
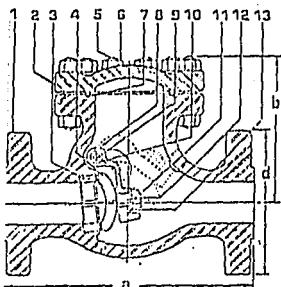


Fig. 5356WE

LISTA DE PARTES Y MATERIALES

DESCRIPCION	MATERIAL	ESPECIFICACION ASTM
1 Cuerpo*	Fundición de acero al carbón	A216 GR WCB
2 Tapa*	Fundición de acero al carbón	A216 GR WCD
3 Anillo*	---	---
4 Disco*	---	---
5 Eje	Acero aleado	A193 GR D7
6 Tuerca del eje	Acero al carbón	A194 GR 2H
7 Junta	Hierro dulce	Comercial
8 Columpio	Acero al carbón	A216 GR WCB
9 Perno	Acero inoxidable 13%Cr.	A276 TIPO 410
10 Buje del columpio	Acero inoxidable 13%Cr.	A276 TIPO 410
11 Tuerca del disco	Acero inoxidable 13%Cr.	Comercial
12 Seguro de disco	Acero inoxidable 18 - 8	Comercial
13 Rondana del disco	Acero inoxidable 13%Cr.	Comercial
14 Tapón del cuerpo	Acero al carbón	A105

*Especificación de materiales para cuerpo, bonete e interiores se muestran en la sección correspondiente.

NORMAS APLICABLES PARA CLASE 1500:

Válvulas de Acero, ANSI D 16.34 - 1977, Clase Estándar
Cara a Cara, Extremo a Extremo, ANSI D16.10
Extremos Bridados, ANSI B16.5
Extremos Soldables, ANSI D16.25

FALLA DE ORIGEN

BOBO Y ANGULO

ACERO FUNDIDO CLASE 1500

VÁLVULAS: 5308F, 5308WE (1 1/2"-8")

VÁLVULAS: 5310F, 5310WE (1 1/2"-4")

CARACTERÍSTICAS

Volante Ascendente y descendente (y menores).
 Ascendente y Volante Fijo.
 Bonete Bridado.
 Yugo (Figs. 5308F y 5308WE).
 Tipo Angulo (Figs. 5310F y 5310WE).
 Yugo equipado con rodamientos (3" y mayores).
 Anillos Soldados.
 Derivación Lateral Opcional (3" y mayores).
 Extremos Diferenciales (Figs. 5308F y 5310F).
 Extremos Soldables (Figs. 5308WE y 5310WE).

DE PARTES Y MATERIALES

DESCRIPCIÓN	MATERIAL	ESPECIFICACION ASTM
Carro	Fundición de acero al carbón	A216 GR WCB
Carro	Fundición de acero al carbón	A216 GR WCB
Carro del disco	Acero inoxidable	A276 TIPO 410
Carro del disco	Acero inoxidable 13% Cr.	A276 TIPO 410
Carro del bonete	Hierro dulce	Comercial
Carro del bonete	Acero aleado	A193 GR 87
Carro del birló	Acero al carbón	A194 GR 2H
Carro del birló	Acero al carbón	A151 C 1020
Carro del yugo	Asbesto lubricado reforzado (Con anticorrosivo)	Comercial
Carro del prensaempaque	Acero inoxidable 13% Cr.	A276 TIPO 410
Carro del prensaempaque	Fundición de acero al carbón	A216 GR WCB
Carro del to de ojo	Acero al carbón	A151 C 1045
Carro del tornillo de ojo	Acero al carbón	Comercial
Carro del tornillo de ojo	Acero alta resistencia	Comercial
Carro del perno	Acero al carbón	Comercial
Carro del vástago	Hierro dúctil austenítico	A433 TIPO D2 Mod.
Carro del vástago	Acero	Comercial
Carro del vástago	Acero	Comercial
Carro del vástago	Hierro maleable	A197
Carro del volante	Acero	Comercial
Carro del volante	Acero inoxidable 13% Cr.	A276 TIPO 410
Carro del volante	Acero	Comercial
Carro del volante	Acero	Comercial
Carro del volante	Acero	Comercial
Carro del volante	Acero	Comercial
Carro del volante	Fundición de acero al carbón	A216 GR WCB
Carro del volante	Acero	Comercial
Carro del volante	Acero	A108 GR 1018

Las especificaciones de materiales para cuerpo, bonete e interiores se muestran en la tabla correspondiente.

DIMENSIONES Y PESOS

	40	50	65	80	100	125	150	200
mm.	1 1/2	2	2 1/2	3	4	5	6	8
mm.	305	368	419	470	548	673	785	1032
mm.	12	14 1/2	16 1/2	18 1/2	21 1/2	26 1/2	27 3/4	32 3/4
mm.	152	184	—	235	272	—	—	—
mm.	6	7 1/4	—	9 1/4	10 3/4	—	—	—
mm.	591	727	797	—	—	—	—	—
mm.	23 1/4	28 5/8	31 3/8	O.E.*	O.E.*	O.E.*	O.E.*	O.E.*
mm.	305	457	508	—	—	—	—	—
mm.	12	18	20	O.E.*	O.E.*	O.E.*	O.E.*	O.E.*
mm.	178	216	244	267	311	375	394	483
mm.	7	8 1/2	9 5/8	10 1/2	12 1/4	14 3/4	15 1/2	19
mm.	73	132	172	261	544	839	1202	1660
mm.	—	—	—	—	1200	1850	2650	4100



Fig. 5308F

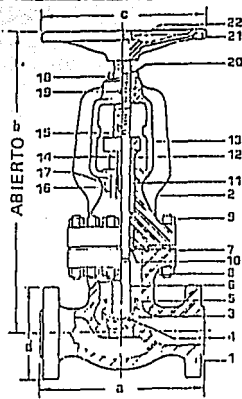
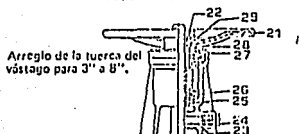


FIG. 5308F (1 1/2 a 2 1/2")



Arreglo de la tuerca del vástago para 3" a 8".

NORMAS APLICABLES PARA CLASE 1500:

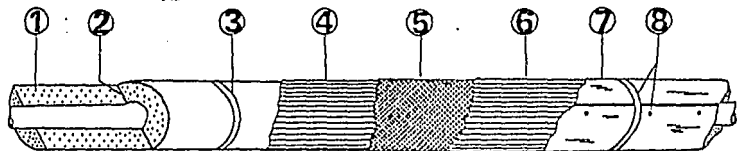
Válvulas de Acero, ANSI B16.34 - 1977, Clase Estándar
 Cara a Cara, Extremo a Extremo, ANSI B16.10
 Extremos Bridados, ANSI B16.5
 Extremos Soldables, ANSI B16.25

*Con caja de engranes. Dimensiones según aplicación.

ALL DE SERVICE

SISTEMAS DE INSTALACION

TUBERIAS



- 1.- Aislamiento en medias cañas de PAMSIL (traslapadas)
- 2.- Sello de juntas con cemento aislante PAMSIL
- 3.- Sujeción de medias cañas con alambre Galv. Cal. 16 para tuberías hasta 5" o y con fleje Galv. para diámetros mayores
- 4.- Tela de refuerzo de manta o fibra de vidrio

- 5.- Mástique protector de intemperie
- 6.- Pintura vinílica según código de colores
- 7.- Lámina galvanizada o de aluminio Cal. 26
- 8.- Fleje galvanizado o inoxidable 3/4" X 0.020" o tornillos pija galvanizados o inoxidables de 1/8" X 1/2" cada 45 y cada 15 Cms. respectivamente.

SISTEMAS A USAR PARA INTERIORES Y EXTERIORES

Puntos 1, 2, 3, 7 y 8

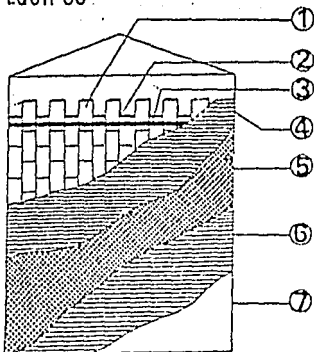
SISTEMAS PARA INTERIORES

Puntos 1, 2, 3, 4, 5 y 6

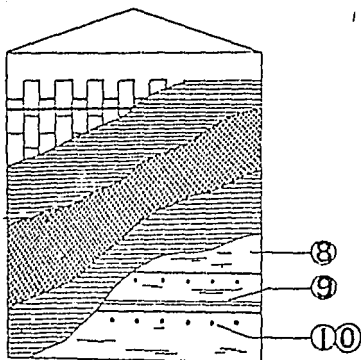
CONEXIONES (codos, bridas, válvulas, etc.)

Se utilizan los mismos sistemas anteriores

EQUIPOS



- 1.- Bloque aislante PAMSIL
- 2.- Sello de juntas con cemento aislante PAMSIL
- 3.- Sujeción de bloques con fleje Galvanizado 3/4" X 0.020"
- 4.- Mástique protector de intemperie primera capa
- 5.- Refuerzo de tela de manta o fibra de vidrio



- 6.- Mástique protector de intemperie segunda capa
- 7.- Pintura vinílica como acabado
- 8.- Lámina galvanizada o de aluminio Cal. 26
- 9.- Fleje galvanizado o de acero inoxidable 3/4" X 0.020"
- 10.- Tornillos pija galvanizados o inoxidables 3/16" X 1/2" Long.

SISTEMAS A USAR PARA INTERIORES Y EXTERIORES

Puntos 1, 2, 3, 8, 9 y 10

SISTEMA A USAR PARA INTERIORES

Puntos 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7

ESPEORES RECOMENDADOS DE "PAISAL" BLOQUES DE "PAISAL" ENTE EN "F"

HASTA 100				HASTA 200				HASTA 300				HASTA 400				HASTA 600				HASTA 800				HASTA 1000																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
ESPEOR DE BLOCO	TAM. Y SUPERFICIE	ESPESOR DE BLOCO	TAM. Y SUPERFICIE	ESPEOR DE BLOCO	TAM. Y SUPERFICIE	ESPEOR DE BLOCO	TAM. Y SUPERFICIE	ESPEOR DE BLOCO	TAM. Y SUPERFICIE	ESPEOR DE BLOCO	TAM. Y SUPERFICIE	ESPEOR DE BLOCO	TAM. Y SUPERFICIE	ESPEOR DE BLOCO	TAM. Y SUPERFICIE	ESPEOR DE BLOCO	TAM. Y SUPERFICIE	ESPEOR DE BLOCO	TAM. Y SUPERFICIE	ESPEOR DE BLOCO	TAM. Y SUPERFICIE	ESPEOR DE BLOCO	TAM. Y SUPERFICIE	ESPEOR DE BLOCO	TAM. Y SUPERFICIE	ESPEOR DE BLOCO	TAM. Y SUPERFICIE																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
1/2"	1"	83	3	1"	96	12	1"	109	23	1"	122	51	130	78	1 1/2"	134	37	1 1/2"	141	113	1 1/2"	151	111	1 1/2"	159	120	1 1/2"	167	125	1 1/2"	175	131	1 1/2"	183	138	1 1/2"	191	144	1 1/2"	199	150	1 1/2"	207	156	1 1/2"	215	162	1 1/2"	223	168	1 1/2"	231	174	1 1/2"	239	180	1 1/2"	247	186	1 1/2"	255	192	1 1/2"	263	198	1 1/2"	271	204	1 1/2"	279	210	1 1/2"	287	216	1 1/2"	295	222	1 1/2"	303	228	1 1/2"	311	234	1 1/2"	319	240	1 1/2"	327	246	1 1/2"	335	252	1 1/2"	343	258	1 1/2"	351	264	1 1/2"	359	270	1 1/2"	367	276	1 1/2"	375	282	1 1/2"	383	288	1 1/2"	391	294	1 1/2"	399	300	1 1/2"	407	306	1 1/2"	415	312	1 1/2"	423	318	1 1/2"	431	324	1 1/2"	439	330	1 1/2"	447	336	1 1/2"	455	342	1 1/2"	463	348	1 1/2"	471	354	1 1/2"	479	360	1 1/2"	487	366	1 1/2"	495	372	1 1/2"	503	378	1 1/2"	511	384	1 1/2"	519	390	1 1/2"	527	396	1 1/2"	535	402	1 1/2"	543	408	1 1/2"	551	414	1 1/2"	559	420	1 1/2"	567	426	1 1/2"	575	432	1 1/2"	583	438	1 1/2"	591	444	1 1/2"	599	450	1 1/2"	607	456	1 1/2"	615	462	1 1/2"	623	468	1 1/2"	631	474	1 1/2"	639	480	1 1/2"	647	486	1 1/2"	655	492	1 1/2"	663	498	1 1/2"	671	504	1 1/2"	679	510	1 1/2"	687	516	1 1/2"	695	522	1 1/2"	703	528	1 1/2"	711	534	1 1/2"	719	540	1 1/2"	727	546	1 1/2"	735	552	1 1/2"	743	558	1 1/2"	751	564	1 1/2"	759	570	1 1/2"	767	576	1 1/2"	775	582	1 1/2"	783	588	1 1/2"	791	594	1 1/2"	799	600	1 1/2"	807	606	1 1/2"	815	612	1 1/2"	823	618	1 1/2"	831	624	1 1/2"	839	630	1 1/2"	847	636	1 1/2"	855	642	1 1/2"	863	648	1 1/2"	871	654	1 1/2"	879	660	1 1/2"	887	666	1 1/2"	895	672	1 1/2"	903	678	1 1/2"	911	684	1 1/2"	919	690	1 1/2"	927	696	1 1/2"	935	702	1 1/2"	943	708	1 1/2"	951	714	1 1/2"	959	720	1 1/2"	967	726	1 1/2"	975	732	1 1/2"	983	738	1 1/2"	991	744	1 1/2"	999	750	1 1/2"	1007	756	1 1/2"	1015	762	1 1/2"	1023	768	1 1/2"	1031	774	1 1/2"	1039	780	1 1/2"	1047	786	1 1/2"	1055	792	1 1/2"	1063	798	1 1/2"	1071	804	1 1/2"	1079	810	1 1/2"	1087	816	1 1/2"	1095	822	1 1/2"	1103	828	1 1/2"	1111	834	1 1/2"	1119	840	1 1/2"	1127	846	1 1/2"	1135	852	1 1/2"	1143	858	1 1/2"	1151	864	1 1/2"	1159	870	1 1/2"	1167	876	1 1/2"	1175	882	1 1/2"	1183	888	1 1/2"	1191	894	1 1/2"	1199	900	1 1/2"	1207	906	1 1/2"	1215	912	1 1/2"	1223	918	1 1/2"	1231	924	1 1/2"	1239	930	1 1/2"	1247	936	1 1/2"	1255	942	1 1/2"	1263	948	1 1/2"	1271	954	1 1/2"	1279	960	1 1/2"	1287	966	1 1/2"	1295	972	1 1/2"	1303	978	1 1/2"	1311	984	1 1/2"	1319	990	1 1/2"	1327	996	1 1/2"	1335	1002	1 1/2"	1343	1008	1 1/2"	1351	1014	1 1/2"	1359	1020	1 1/2"	1367	1026	1 1/2"	1375	1032	1 1/2"	1383	1038	1 1/2"	1391	1044	1 1/2"	1399	1050	1 1/2"	1407	1056	1 1/2"	1415	1062	1 1/2"	1423	1068	1 1/2"	1431	1074	1 1/2"	1439	1080	1 1/2"	1447	1086	1 1/2"	1455	1092	1 1/2"	1463	1098	1 1/2"	1471	1104	1 1/2"	1479	1110	1 1/2"	1487	1116	1 1/2"	1495	1122	1 1/2"	1503	1128	1 1/2"	1511	1134	1 1/2"	1519	1140	1 1/2"	1527	1146	1 1/2"	1535	1152	1 1/2"	1543	1158	1 1/2"	1551	1164	1 1/2"	1559	1170	1 1/2"	1567	1176	1 1/2"	1575	1182	1 1/2"	1583	1188	1 1/2"	1591	1194	1 1/2"	1599	1200	1 1/2"	1607	1206	1 1/2"	1615	1212	1 1/2"	1623	1218	1 1/2"	1631	1224	1 1/2"	1639	1230	1 1/2"	1647	1236	1 1/2"	1655	1242	1 1/2"	1663	1248	1 1/2"	1671	1254	1 1/2"	1679	1260	1 1/2"	1687	1266	1 1/2"	1695	1272	1 1/2"	1703	1278	1 1/2"	1711	1284	1 1/2"	1719	1290	1 1/2"	1727	1296	1 1/2"	1735	1302	1 1/2"	1743	1308	1 1/2"	1751	1314	1 1/2"	1759	1320	1 1/2"	1767	1326	1 1/2"	1775	1332	1 1/2"	1783	1338	1 1/2"	1791	1344	1 1/2"	1799	1350	1 1/2"	1807	1356	1 1/2"	1815	1362	1 1/2"	1823	1368	1 1/2"	1831	1374	1 1/2"	1839	1380	1 1/2"	1847	1386	1 1/2"	1855	1392	1 1/2"	1863	1398	1 1/2"	1871	1404	1 1/2"	1879	1410	1 1/2"	1887	1416	1 1/2"	1895	1422	1 1/2"	1903	1428	1 1/2"	1911	1434	1 1/2"	1919	1440	1 1/2"	1927	1446	1 1/2"	1935	1452	1 1/2"	1943	1458	1 1/2"	1951	1464	1 1/2"	1959	1470	1 1/2"	1967	1476	1 1/2"	1975	1482	1 1/2"	1983	1488	1 1/2"	1991	1494	1 1/2"	1999	1500	1 1/2"	2007	1506	1 1/2"	2015	1512	1 1/2"	2023	1518	1 1/2"	2031	1524	1 1/2"	2039	1530	1 1/2"	2047	1536	1 1/2"	2055	1542	1 1/2"	2063	1548	1 1/2"	2071	1554	1 1/2"	2079	1560	1 1/2"	2087	1566	1 1/2"	2095	1572	1 1/2"	2103	1578	1 1/2"	2111	1584	1 1/2"	2119	1590	1 1/2"	2127	1596	1 1/2"	2135	1602	1 1/2"	2143	1608	1 1/2"	2151	1614	1 1/2"	2159	1620	1 1/2"	2167	1626	1 1/2"	2175	1632	1 1/2"	2183	1638	1 1/2"	2191	1644	1 1/2"	2199	1650	1 1/2"	2207	1656	1 1/2"	2215	1662	1 1/2"	2223	1668	1 1/2"	2231	1674	1 1/2"	2239	1680	1 1/2"	2247	1686	1 1/2"	2255	1692	1 1/2"	2263	1698	1 1/2"	2271	1704	1 1/2"	2279	1710	1 1/2"	2287	1716	1 1/2"	2295	1722	1 1/2"	2303	1728	1 1/2"	2311	1734	1 1/2"	2319	1740	1 1/2"	2327	1746	1 1/2"	2335	1752	1 1/2"	2343	1758	1 1/2"	2351	1764	1 1/2"	2359	1770	1 1/2"	2367	1776	1 1/2"	2375	1782	1 1/2"	2383	1788	1 1/2"	2391	1794	1 1/2"	2399	1800	1 1/2"	2407	1806	1 1/2"	2415	1812	1 1/2"	2423	1818	1 1/2"	2431	1824	1 1/2"	2439	1830	1 1/2"	2447	1836	1 1/2"	2455	1842	1 1/2"	2463	1848	1 1/2"	2471	1854	1 1/2"	2479	1860	1 1/2"	2487	1866	1 1/2"	2495	1872	1 1/2"	2503	1878	1 1/2"	2511	1884	1 1/2"	2519	1890	1 1/2"	2527	1896	1 1/2"	2535	1902	1 1/2"	2543	1908	1 1/2"	2551	1914	1 1/2"	2559	1920	1 1/2"	2567	1926	1 1/2"	2575	1932	1 1/2"	2583	1938	1 1/2"	2591	1944	1 1/2"	2599	1950	1 1/2"	2607	1956	1 1/2"	2615	1962	1 1/2"	2623	1968	1 1/2"	2631	1974	1 1/2"	2639	1980	1 1/2"	2647	1986	1 1/2"	2655	1992	1 1/2"	2663	1998	1 1/2"	2671	2004	1 1/2"	2679	2010	1 1/2"	2687	2016	1 1/2"	2695	2022	1 1/2"	2703	2028	1 1/2"	2711	2034	1 1/2"	2719	2040	1 1/2"	2727	2046	1 1/2"	2735	2052	1 1/2"	2743	2058	1 1/2"	2751	2064	1 1/2"	2759	2070	1 1/2"	2767	2076	1 1/2"	2775	2082	1 1/2"	2783	2088	1 1/2"	2791	2094	1 1/2"	2799	2100	1 1/2"	2807	2106	1 1/2"	2815	2112	1 1/2"	2823	2118	1 1/2"	2831	2124	1 1/2"	2839	2130	1 1/2"	2847	2136	1 1/2"	2855	2142	1 1/2"	2863	2148	1 1/2"	2871	2154	1 1/2"	2879	2160	1 1/2"	2887	2166	1 1/2"	2895	2172	1 1/2"	2903	2178	1 1/2"	2911	2184	1 1/2"	2919	2190	1 1/2"	2927	2196	1 1/2"	2935	2202	1 1/2"	2943	2208	1 1/2"	2951	2214	1 1/2"	2959	2220	1 1/2"	2967	2226	1 1/2"	2975	2232	1 1/2"	2983	2238	1 1/2"	2991	2244	1 1/2"	2999	2250	1 1/2"	3007	2256	1 1/2"	3015	2262	1 1/2"	3023	2268	1 1/2"	3031	2274	1 1/2"	3039	2280	1 1/2"	3047	2286	1 1/2"	3055	2292	1 1/2"	3063	2298	1 1/2"	3071	2304	1 1/2"	3079	2310	1 1/2"	3087	2316	1 1/2"	3095	2322	1 1/2"	3103	2328	1 1/2"	3111	2334	1 1/2"	3119	2340	1 1/2"	3127	2346	1 1/2"	3135	2352	1 1/2"	3143	2358	1 1/2"	3151	2364	1 1/2"	3159	2370	1 1/2"	3167	2376	1 1/2"	3175	2382	1 1/2"	3183	2388	1 1/2"	3191	2394	1 1/2"	3199	2400	1 1/2"	3207	2406	1 1/2"	3215	2412	1 1/2"	3223	2418	1 1/2"	3231	2424	1 1/2"	3239	2430	1 1/2"	3247	2436	1 1/2"	3255	2442	1 1/2"	3263	2448	1 1/2"	3271	2454	1 1/2"	3279	2460	1 1/2"	3287	2466	1 1/2"	3295	2472	1 1/2"	3303	2478	1 1/2"	3311	2484	1 1/2"	3319	2490	1 1/2"	3327	2496	1 1/2"	3335	2502	1 1/2"	3343	2508	1 1/2"	3351	2514	1 1/2"	3359	2520	1 1/2"	3367	2526	1 1/2"	3375	2532	1 1/2"	3383	2538	1 1/2"	3391	2544	1 1/2"	3399	2550	1 1/2"	3407	2556	1 1/2"	3415	2562	1 1/2"	3423	2568	1 1/2"	3431	2574	1 1/2"	3439	2580	1 1/2"	3447	2586	1 1/2"	3455	2592	1 1/2"	3463	2598	1 1/2"	3471	2604	1 1/2"	3479	2610	1 1/2"	3487	2616	1 1/2"	3495	2622	1 1/2"	3503	2628	1 1/2"	3511	2634	1 1/2"	3519	2640	1 1/2"	3527	26

enir la acción corrosiva

allas de tuberías y equi-

les, para las superficies
es de la Costa del Golfo,

problema.

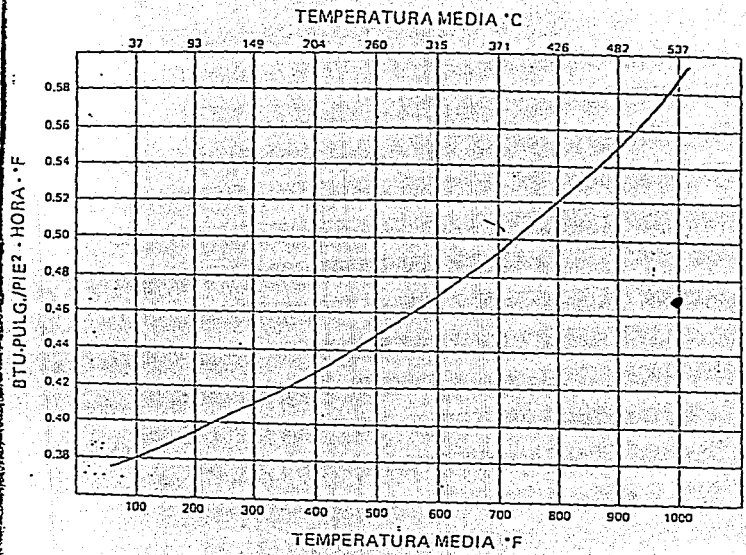
nir tal ataque corrosivo

ne pasa rigurosa prueba
el material para detener

e resuelve un serio pro-
niento de alta tempera-
niento.

resistencia a la flexión	3.86 Kgs. / Cm. ²	55 Psi
Resistencia a la compresión (5% Def.)	6.32 Kgs. / Cm. ²	90 Psi
Encogimiento lineal	A 1500°F	0.74%

CONDUCTIVIDAD TERMICA FACTOR "K" BTU-PULG./PIE² - HORA - °F



Flow of Water Through Schedule 40 Steel Pipe

Discharge		Pressure Drop per 100 feet and Velocity in Schedule 40 Pipe for Water at 60 F.															
Gallons per Minute	Cubic Ft. per Second	Velocity, Ft. / Sec.		Press. Drop, Psi		Velocity, Ft. / Sec.		Press. Drop, Psi		Velocity, Ft. / Sec.		Press. Drop, Psi		Velocity, Ft. / Sec.		Press. Drop, Psi	
		First Last	First Last	First Last	First Last	First Last	First Last	First Last	First Last	First Last	First Last	First Last	First Last	First Last	First Last	First Last	First Last
1/8"	1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/8"	1 1/4"	1 1/2"	1 3/4"	2"	2 1/2"	3"	3 1/2"	4"	4 1/2"
1	0.001644	1.13	1.34	0.616	0.399	0.101	0.159	0.317	0.041	3/4"	1.00	0.81	0.0033	1"	1.00	1.00	0.0033
2	0.006668	1.99	2.41	0.914	0.579	0.149	0.233	0.439	0.089	1 1/4"	1.10	1.10	0.0033	1 1/2"	1.10	1.10	0.0033
3	0.009441	2.36	2.84	1.053	0.672	0.166	0.259	0.489	0.109	1 1/2"	1.20	1.20	0.0033	2"	1.20	1.20	0.0033
4	0.011814	2.62	3.13	1.149	0.739	0.179	0.284	0.539	0.129	2"	1.30	1.30	0.0033	2 1/2"	1.30	1.30	0.0033
5	0.013887	2.81	3.29	1.211	0.791	0.188	0.309	0.589	0.149	2 1/2"	1.40	1.40	0.0033	3"	1.40	1.40	0.0033
6	0.015670	2.93	3.40	1.251	0.831	0.195	0.324	0.639	0.169	3"	1.50	1.50	0.0033	3 1/2"	1.50	1.50	0.0033
7	0.017263	3.00	3.49	1.281	0.861	0.200	0.339	0.689	0.189	3 1/2"	1.60	1.60	0.0033	4"	1.60	1.60	0.0033
8	0.018676	3.06	3.56	1.301	0.881	0.204	0.354	0.739	0.209	4"	1.70	1.70	0.0033	4 1/2"	1.70	1.70	0.0033
9	0.019909	3.11	3.61	1.311	0.901	0.208	0.369	0.789	0.229	4 1/2"	1.80	1.80	0.0033	5"	1.80	1.80	0.0033
10	0.021062	3.15	3.66	1.321	0.921	0.211	0.384	0.839	0.249	5"	1.90	1.90	0.0033	5 1/2"	1.90	1.90	0.0033
11	0.022135	3.19	3.70	1.331	0.941	0.214	0.399	0.889	0.269	5 1/2"	2.00	2.00	0.0033	6"	2.00	2.00	0.0033
12	0.023128	3.22	3.74	1.341	0.961	0.217	0.414	0.939	0.289	6"	2.10	2.10	0.0033	6 1/2"	2.10	2.10	0.0033
13	0.024041	3.25	3.78	1.351	0.981	0.220	0.429	0.989	0.309	6 1/2"	2.20	2.20	0.0033	7"	2.20	2.20	0.0033
14	0.024874	3.28	3.82	1.361	1.001	0.223	0.444	1.039	0.329	7"	2.30	2.30	0.0033	7 1/2"	2.30	2.30	0.0033
15	0.025627	3.30	3.86	1.371	1.021	0.226	0.459	1.089	0.349	7 1/2"	2.40	2.40	0.0033	8"	2.40	2.40	0.0033
16	0.026300	3.32	3.90	1.381	1.041	0.229	0.474	1.139	0.369	8"	2.50	2.50	0.0033	8 1/2"	2.50	2.50	0.0033
17	0.026993	3.34	3.94	1.391	1.061	0.232	0.489	1.189	0.389	8 1/2"	2.60	2.60	0.0033	9"	2.60	2.60	0.0033
18	0.027606	3.36	3.98	1.401	1.081	0.235	0.504	1.239	0.409	9"	2.70	2.70	0.0033	9 1/2"	2.70	2.70	0.0033
19	0.028139	3.38	4.02	1.411	1.101	0.238	0.519	1.289	0.429	9 1/2"	2.80	2.80	0.0033	10"	2.80	2.80	0.0033
20	0.028692	3.40	4.06	1.421	1.121	0.241	0.534	1.339	0.449	10"	2.90	2.90	0.0033	10 1/2"	2.90	2.90	0.0033
21	0.029165	3.41	4.10	1.431	1.141	0.244	0.549	1.389	0.469	10 1/2"	3.00	3.00	0.0033	11"	3.00	3.00	0.0033
22	0.029658	3.42	4.14	1.441	1.161	0.247	0.564	1.439	0.489	11"	3.10	3.10	0.0033	11 1/2"	3.10	3.10	0.0033
23	0.030171	3.43	4.18	1.451	1.181	0.250	0.579	1.489	0.509	11 1/2"	3.20	3.20	0.0033	12"	3.20	3.20	0.0033
24	0.030704	3.44	4.22	1.461	1.201	0.253	0.594	1.539	0.529	12"	3.30	3.30	0.0033	12 1/2"	3.30	3.30	0.0033
25	0.031257	3.45	4.26	1.471	1.221	0.256	0.609	1.589	0.549	12 1/2"	3.40	3.40	0.0033	13"	3.40	3.40	0.0033
26	0.031830	3.46	4.30	1.481	1.241	0.259	0.624	1.639	0.569	13"	3.50	3.50	0.0033	13 1/2"	3.50	3.50	0.0033
27	0.032423	3.47	4.34	1.491	1.261	0.262	0.639	1.689	0.589	13 1/2"	3.60	3.60	0.0033	14"	3.60	3.60	0.0033
28	0.033036	3.48	4.38	1.501	1.281	0.265	0.654	1.739	0.609	14"	3.70	3.70	0.0033	14 1/2"	3.70	3.70	0.0033
29	0.033669	3.49	4.42	1.511	1.301	0.268	0.669	1.789	0.629	14 1/2"	3.80	3.80	0.0033	15"	3.80	3.80	0.0033
30	0.034322	3.50	4.46	1.521	1.321	0.271	0.684	1.839	0.649	15"	3.90	3.90	0.0033	15 1/2"	3.90	3.90	0.0033
31	0.034995	3.51	4.50	1.531	1.341	0.274	0.699	1.889	0.669	15 1/2"	4.00	4.00	0.0033	16"	4.00	4.00	0.0033
32	0.035688	3.52	4.54	1.541	1.361	0.277	0.714	1.939	0.689	16"	4.10	4.10	0.0033	16 1/2"	4.10	4.10	0.0033
33	0.036401	3.53	4.58	1.551	1.381	0.280	0.729	1.989	0.709	16 1/2"	4.20	4.20	0.0033	17"	4.20	4.20	0.0033
34	0.037134	3.54	4.62	1.561	1.401	0.283	0.744	2.039	0.729	17"	4.30	4.30	0.0033	17 1/2"	4.30	4.30	0.0033
35	0.037887	3.55	4.66	1.571	1.421	0.286	0.759	2.089	0.749	17 1/2"	4.40	4.40	0.0033	18"	4.40	4.40	0.0033
36	0.038660	3.56	4.70	1.581	1.441	0.289	0.774	2.139	0.769	18"	4.50	4.50	0.0033	18 1/2"	4.50	4.50	0.0033
37	0.039453	3.57	4.74	1.591	1.461	0.292	0.789	2.189	0.789	18 1/2"	4.60	4.60	0.0033	19"	4.60	4.60	0.0033
38	0.040266	3.58	4.78	1.601	1.481	0.295	0.804	2.239	0.809	19"	4.70	4.70	0.0033	19 1/2"	4.70	4.70	0.0033
39	0.041109	3.59	4.82	1.611	1.501	0.298	0.819	2.289	0.829	19 1/2"	4.80	4.80	0.0033	20"	4.80	4.80	0.0033
40	0.041982	3.60	4.86	1.621	1.521	0.301	0.834	2.339	0.849	20"	4.90	4.90	0.0033	20 1/2"	4.90	4.90	0.0033
41	0.042885	3.61	4.90	1.631	1.541	0.304	0.849	2.389	0.869	20 1/2"	5.00	5.00	0.0033	21"	5.00	5.00	0.0033
42	0.043818	3.62	4.94	1.641	1.561	0.307	0.864	2.439	0.889	21"	5.10	5.10	0.0033	21 1/2"	5.10	5.10	0.0033
43	0.044781	3.63	4.98	1.651	1.581	0.310	0.879	2.489	0.909	21 1/2"	5.20	5.20	0.0033	22"	5.20	5.20	0.0033
44	0.045774	3.64	5.02	1.661	1.601	0.313	0.894	2.539	0.929	22"	5.30	5.30	0.0033	22 1/2"	5.30	5.30	0.0033
45	0.046797	3.65	5.06	1.671	1.621	0.316	0.909	2.589	0.949	22 1/2"	5.40	5.40	0.0033	23"	5.40	5.40	0.0033
46	0.047850	3.66	5.10	1.681	1.641	0.319	0.924	2.639	0.969	23"	5.50	5.50	0.0033	23 1/2"	5.50	5.50	0.0033
47	0.048933	3.67	5.14	1.691	1.661	0.322	0.939	2.689	0.989	23 1/2"	5.60	5.60	0.0033	24"	5.60	5.60	0.0033
48	0.050046	3.68	5.18	1.701	1.681	0.325	0.954	2.739	1.009	24"	5.70	5.70	0.0033	24 1/2"	5.70	5.70	0.0033
49	0.051189	3.69	5.22	1.711	1.701	0.328	0.969	2.789	1.029	24 1/2"	5.80	5.80	0.0033	25"	5.80	5.80	0.0033
50	0.052362	3.70	5.26	1.721	1.721	0.331	0.984	2.839	1.049	25"	5.90	5.90	0.0033	25 1/2"	5.90	5.90	0.0033
51	0.053565	3.71	5.30	1.731	1.741	0.334	0.999	2.889	1.069	25 1/2"	6.00	6.00	0.0033	26"	6.00	6.00	0.0033
52	0.054798	3.72	5.34	1.741	1.761	0.337	1.014	2.939	1.089	26"	6.10	6.10	0.0033	26 1/2"	6.10	6.10	0.0033
53	0.056061	3.73	5.38	1.751	1.781	0.340	1.029	2.989	1.109	26 1/2"	6.20	6.20	0.0033	27"	6.20	6.20	0.0033
54	0.057354	3.74	5.42	1.761	1.801	0.343	1.044	3.039	1.129	27"	6.30	6.30	0.0033	27 1/2"	6.30	6.30	0.0033
55	0.058677	3.75	5.46	1.771	1.821	0.346	1.059	3.089	1.149	27 1/2"	6.40	6.40	0.0033	28"	6.40	6.40	0.0033
56	0.059930	3.76	5.50	1.781	1.841	0.349	1.074	3.139	1.169	28"	6.50	6.50	0.0033	28 1/2"	6.50	6.50	0.0033
57	0.061213	3.77	5.54	1.791	1.861	0.352	1.089	3.189	1.189	28 1/2"	6.60	6.60	0.0033	29"	6.60	6.60	0.0033
58	0.062526	3.78	5.58	1.801	1.881	0.355	1.104	3.239	1.209	29"	6.70	6.70	0.0033	29 1/2"	6.70	6.70	0.0033
59	0.063869	3.79	5.62	1.811	1.901	0.358											