

Guía para la Conservación de Vapor en el Drenado de Condensados

Evaluación y Selección de
Trampa de Vapor.



Armstrong

Contenido

| | |
|---|-------|
| Introducción | 2 |
| Tablas de Recomendaciones e Instrucciones Para su Uso | 3 |
| Tabla de Propiedades del Vapor | 4 |
| Vapor - Conceptos Básicos | 6-9 |
| Trampas de Vapor de Balde Invertido | 10-11 |
| Trampas de Vapor de Flotador & Termostáticas | 12-13 |
| Trampas de Vapor de Disco Controlado | 13 |
| Trampas de Vapor Termostática | 14 |
| Controlador Automático Diferencial de Condensado | 15 |
| Selección de Trampas de Vapor | 16-17 |
| COMO TRAMPEAR: | |
| Sistemas de Distribución de Vapor | 17-21 |
| Venas de Vapo | 22-23 |
| Equipo de Calefacción | 24-26 |
| Calentadores de Aire de Proceso | 27 |
| Intercambiadores de Calor de Tubo y Coraza | 28-29 |
| Evaporadores | 30-31 |
| Ollas con Camisas de Vapor | 32-33 |
| Equipo con Cámaras de Vapor Estacionarias | 34-35 |
| Secadoras Rotatorias que Requieren Drenaje por Sifón | 36-37 |
| Tanques para Flasheo | 38-39 |
| Máquinas de Absorción de Vapor | 40 |
| Selección de Trampas y Factores de Seguridad | 41 |
| Instalación y Prueba de las Trampas de Vapor Armstrong | 42-45 |
| Diagnóstico y Reparación de las Trampas de Vapor Armstrong | 46 |
| Definiendo el Diámetro de las Tuberías de Suministro y Retorno de Condensados | 47-49 |
| Tablas Ingenieriles Útiles | 50 |
| Factores de Conversión | 51 |
| Gravedad Específica - Calor Específico | 52 |
| Índice Alfabético | 53 |

Combinando la Energía y el Medio Ambiente

Diga Energía, Piense en el Medio Ambiente. Y Viceversa.

Cualquier compañía que sea consciente en conservar energía es también consciente del medio ambiente. Menos energía consumida significa que hay menos desperdicios, menos emanaciones y un medio ambiente más saludable.

En pocas palabras, al combinar la energía y el medio ambiente se reducen los costos que la industria debe pagar por ambos. Al ayudar a las compañías a conservar energía, los productos y los servicios de la Compañía Armstrong también están ayudando a proteger el medio ambiente.

Armstrong ha estado compartiendo sus conocimientos desde 1911 cuando inventó la Trampa de Vapor de Balde Invertido, que es eficiente en el uso de energía. Y desde entonces, los ahorros obtenidos por los clientes han comprobado una y otra vez, que el conocimiento que *no* se comparte es energía desperdiciada.

Los desarrollos y las mejoras que Armstrong ha hecho en el diseño y en el funcionamiento de las trampas de vapor han resultado en ahorros incalculables de energía, tiempo y dinero. Este Manual ha crecido a través de las décadas que Armstrong lleva incrementando y compartiendo sus conocimientos. Este Manual presenta los principios de operación de los distintos tipos de trampas de vapor, así como su uso en una gran variedad de industrias y aplicaciones específicas. Este Manual es un buen complemento a otros manuales y folletos de Armstrong, y al Programa de Computadora No. 1 de Armstrong para Selección de Trampas de Vapor.

Este Manual también incluye una Tabla de Recomendaciones que presenta un resumen de que tipo de trampas Armstrong considera como la selección óptima para ciertas aplicaciones, y el porqué.

IMPORTANTE: El objetivo de este Manual es presentar principios generales sobre instalación y operación de las trampas de vapor. La instalación y operación de equipo de trapeo en las plantas sólo debe de ser llevado a cabo por personal calificado. La selección e instalación de estos equipos siempre debe de hacerse con la ayuda técnica de gente competente. Este Manual nunca debe de considerarse como un sustituto de esa ayuda técnica. Se recomienda que siempre se ponga en contacto con Armstrong, o sus representantes locales, para mayor información y ayuda.

Instrucciones Para el Uso de las Tablas de Recomendaciones

Para una referencia rápida, una Tabla de Recomendaciones aparece en todas las secciones de “CÓMO TRAMPEAR” de este Manual, páginas 16 a 38.

Un sistema de códigos (que va desde la A hasta la Q) proporciona la información a primera vista.

La Tabla incluye información sobre el tipo de trampas de vapor, y sus principales ventajas, que Armstrong considera que son superiores para cada aplicación en particular.

Por ejemplo, digamos que se está buscando información acerca de la trampa más apropiada para utilizarse en una olla con camisas o chaquetas de vapor con drenaje por gravedad. Entonces se debe:

1 Buscar la sección “Cómo Trampear Ollas con Camisas de Vapor”, páginas 30-31, y ver la Tabla en la esquina

inferior izquierda de la página 30. (La Tabla de Recomendaciones para cada sección siempre está en la primera página de la sección).

2 Encontrar “Ollas con Camisas de Vapor, Drenaje por Gravedad” en la primera columna bajo el encabezado “Equipo a Trampear” y leer en la columna a la derecha la “1era Opción y Código de Cualidades” dada por Armstrong. En este caso, la primera opción es una trampa IBLV y los códigos listados son las letras B, C, E, K, N.

3 Referirse a la Tabla de abajo titulada “Cómo Varios Tipos de Trampas de Vapor Satisfacen Requisitos Específicos de Operación” y leer en la columna extrema hacia la izquierda cada una de las letras código: B, C, E, K, N. La letra “B”, por ejemplo, se refiere a la capacidad de la trampa de conservar energía durante su operación.

4 Seguir el renglón para la letra “B” hacia la derecha hasta que se llegue a la columna que corresponde a la primera opción, en este caso la trampa de balde invertido. Basados en pruebas y condiciones de operación reales, la capacidad de ahorro energético de la trampa de vapor de balde invertido ha sido calificada como “Excelente”. Se sigue este mismo procedimiento para los códigos restantes.

Abreviaciones

| | |
|------|--|
| IB | Trampa de Balde Invertido |
| IBLV | Balde Invertido con Venteador Grande |
| F&T | Trampa de Flotador y Termostática |
| CD | Trampa de Disco Controlado |
| DC | Controlador Automático Diferencial de Condensado |
| CV | Válvula Check |
| T | Balde Térmico |
| PRV | Válvula Reguladora de Presión |



Tabla de Recomendaciones (Referirse a la Tabla en la contraportada B para información sobre los códigos).

| Equipo Siendo Trampeado | 1era Opción y Códigos | Otras Opciones |
|--|---------------------------------|-----------------------|
| Ollas Encamisadas Drenaje por Gravedad | IBLV B, C, E, K, N, H | F&T o Termostática |
| Ollas Encamisadas Drenaje a Sifón | DC B, C, E, G, H, K, N, P | IBLV |

Cómo Varios Tipos de Trampas de Vapor Satisfacen Requisitos Específicos de Operación

| Código | Característica | Balde Invertido | F&T | Disco | Termostático | Controlador Diferencial |
|--------|--|------------------|------------|--------------|------------------|-------------------------|
| A | Modo de Operación | (1) Intermitente | Continuo | Intermitente | (2) Intermitente | Continuo |
| B | Ahorro de Energía (Tiempo en Servicio) | Excelente | Buena | Deficiente | Adecuada | (3) Excelente |
| C | Resistencia al Desgaste | Excelente | Buena | Deficiente | Adecuada | Excelente |
| D | Resistencia a la Corrosión | Excelente | Buena | Excelente | Buena | Excelente |
| E | Resistencia al Impacto Hidráulico | Excelente | Deficiente | Excelente | (4) Deficiente | Excelente |
| F | Venteeo de aire y CO ₂ a la temperatura del vapor | Sí | No | No | No | Sí |
| G | Capacidad para Ventear Aire a Presiones Muy Bajas (0.02 bar) | Deficiente | Excelente | (5) NR | Buena | Excelente |
| H | Capacidad para Manejar Cargas de Aire al Arranque | Adecuada | Excelente | Deficiente | Excelente | Excelente |
| I | Funcionamiento al Existir Contrapresión | Excelente | Excelente | Deficiente | Excelente | Excelente |
| J | Resistencia a Daños por Congelamiento | Buena | Deficiente | Buena | Buena | Buena |
| K | Capacidad para Purgar el Sistema | Excelente | Adecuada | Excelente | Buena | Excelente |
| L | Desempeño con Cargas Muy Ligeras | Excelente | Excelente | Deficiente | Excelente | Excelente |
| M | Respuesta a Formación Rápida de Condensado | Inmediata | Inmediata | Retardada | Retardada | Inmediata |
| N | Capacidad para Lidar con Suciedad | Excelente | Deficiente | Deficiente | Adecuada | Excelente |
| O | Tamaño Relativo | (7) Grande | Grande | Pequeño | Pequeño | Grande |
| P | Capacidad para Manejar Vapor Flash (Espontáneo) | Adecuada | Deficiente | Deficiente | Deficiente | Excelente |
| Q | Falla Mecánica (Abierta - Cerrada) | Abierta | Cerrada | (8) Abierta | (9) | Abierta |

- El drenado de condensado es continuo, la descarga es intermitente.
- Puede ser continuo con cargas bajas.
- Excelente, si se utiliza vapor secundario.
- Buena, para trampas bimetálicas y de wafer.
- No se recomienda para operaciones a baja presión.
- No se recomiendan trampas de hierro fundido.
- Mediano, para trampas soldables de acero inoxidable.
- Pueden fallar cerradas, debido a suciedad.
- Pueden fallar abiertas o cerradas, dependiendo del diseño de los fuelles.

Tablas del Vapor...

Qué Son Cómo se Usan

Los valores para el calor y las relaciones presión-temperatura que se usan en este manual han sido tomados de la tabla de Propiedades del Vapor Saturado.

Definición de Términos Usados

Vapor Saturado es vapor puro a una temperatura igual a la temperatura a que hierve el agua a una presión dada.

Presiones Absoluta y Relativa

Presión absoluta es la presión (en bar) medida con respecto al vacío perfecto. Presión Relativa o de Manómetro es la presión (en bar) medida con respecto a la presión atmosférica, la cual es igual a 1.01 bar absoluta. Presión Relativa más 1.01 es igual a la Presión Absoluta. Igualmente, Presión Absoluta menos 1.01 bar es igual a la Presión Relativa.

Relaciones Presión/Temperatura

(Columnas 1, 2 y 3). A cada presión del vapor puro le corresponde una temperatura única. Por ejemplo: al vapor puro a 10 bar absolutos siempre le corresponde una temperatura de 180°C.

Calor del Líquido Saturado (Columna 4). Ésta es la cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de un kilogramo de agua desde 0°C hasta el punto de ebullición a la presión y temperatura mostradas. Se expresa en kJ/kg (o en kcal/kg).

Calor Latente o Calor de Vaporización

(Columna 5). Es la cantidad de calor (expresada en kJ/kg or kcal/hr) que se requiere para cambiar un kilogramo de agua hirviendo a un kilogramo de vapor. Esta misma cantidad de calor se libera cuando un kilogramo de vapor se condensa y se vuelve un kilogramo de agua. El Calor Latente es diferente para cada combinación de presión/temperatura, tal como se muestra en la Tabla.

Calor Total del Vapor (Columna 6). Es el calor total en vapor arriba de 0°C. Es igual a la suma del Calor del Líquido Saturado (Columna 4) y el Calor Latente (Columna 5), expresado en kJ/kg o en kcal/kg.

Volumen Específico del Líquido

(Columna 7). Es el volumen por unidad de masa y se expresa en metros cúbicos por kilogramo (m³/kg).

Volumen Específico del Vapor (Co-

lumna 8). Es el volumen por unidad de masa y se expresa en metros cúbicos por kilogramo (m³/kg).

Cómo se Usa la Tabla

Además de poderse determinar las relaciones de presión/temperatura, la Tabla se puede usar para calcular la cantidad de vapor que se condensa en un sistema de calefacción de capacidad (Joules o calorías) conocida. De forma similar, la Tabla se puede usar para calcular la capacidad en Joules o calorías si se conoce la cantidad de vapor siendo condensado. En la sección de Aplicaciones en este Manual se hará referencia varias veces a esta Tabla.

Propiedades del Vapor Saturado

(Tomadas de "Propiedades Termodinámicas del Vapor", por Keenan y Keyes, con permiso de John Wiley & Sons, Inc.)

| Columna 1 Presión Manométrica (bar) | Columna 2 Presión Absoluta (bar) | Columna 3 Temperatura del Vapor (°C) | Columna 4 Calor del Líquido Saturado (kJ/kg) | Columna 5 Calor Latente (kJ/kg) | Columna 6 Calor Total del Vapor (kJ/kg) | Columna 7 Volumen Específico del Líquido Saturado (m ³ /kg) | Columna 8 Volumen Específico del Vapor Saturado (m ³ /kg) |
|--|---|---|--|--|--|--|--|
| -1.008 | 0.0061 | 0.01 | 0.01 | 2501.3 | 2501.4 | 0.001 000 | 206.14 |
| -0.99 | 0.02 | 17.50 | 73.48 | 2460.0 | 2533.5 | 0.001 001 | 67.00 |
| -0.96 | 0.05 | 32.88 | 137.82 | 2423.7 | 2561.5 | 0.001 005 | 28.19 |
| -0.91 | 0.10 | 45.81 | 191.83 | 2392.8 | 2584.7 | 0.001 010 | 14.67 |
| -0.76 | 0.25 | 64.97 | 271.93 | 2346.3 | 2618.2 | 0.001 020 | 6.204 |
| -0.51 | 0.50 | 81.33 | 340.49 | 2305.4 | 2645.9 | 0.001 030 | 3.240 |
| -0.26 | 0.75 | 91.78 | 384.39 | 2278.6 | 2663.0 | 0.001 037 | 2.217 |
| -0.01 | 1.00 | 99.63 | 417.46 | 2258.0 | 2675.5 | 0.001 043 | 1.6940 |
| 0.24 | 1.25 | 105.99 | 444.32 | 2241.0 | 2685.4 | 0.001 048 | 1.3749 |
| 0.49 | 1.50 | 111.37 | 467.11 | 2226.5 | 2693.6 | 0.001 053 | 1.1593 |
| 0.74 | 1.75 | 116.06 | 486.99 | 2213.6 | 2700.6 | 0.001 057 | 1.0036 |
| 0.99 | 2.00 | 120.23 | 504.70 | 2201.9 | 2706.7 | 0.001 061 | 0.8857 |
| 1.24 | 2.25 | 124.00 | 520.72 | 2191.3 | 2712.1 | 0.001 064 | 0.7933 |
| 1.49 | 2.50 | 127.44 | 535.37 | 2181.5 | 2716.9 | 0.001 067 | 0.7187 |
| 1.74 | 2.75 | 130.60 | 548.89 | 2172.4 | 2721.3 | 0.001 070 | 0.6573 |
| 1.99 | 3.00 | 133.55 | 561.47 | 2163.8 | 2725.3 | 0.001 073 | 0.6058 |
| 2.24 | 3.25 | 136.30 | 573.25 | 2155.8 | 2729.0 | 0.001 076 | 0.5620 |
| 2.49 | 3.50 | 138.88 | 584.33 | 2148.1 | 2732.4 | 0.001 079 | 0.5243 |
| 2.74 | 3.75 | 141.32 | 594.81 | 2140.8 | 2735.6 | 0.001 081 | 0.4914 |
| 3.0 | 4.0 | 143.63 | 604.74 | 2133.8 | 2738.6 | 0.001 084 | 0.4625 |
| 3.5 | 4.5 | 147.93 | 623.25 | 2120.7 | 2743.9 | 0.001 088 | 0.4140 |
| 4.0 | 5.0 | 151.86 | 640.23 | 2108.5 | 2748.7 | 0.001 093 | 0.3749 |
| 4.5 | 5.5 | 155.48 | 655.93 | 2097.0 | 2753.0 | 0.001 097 | 0.3427 |
| 5.0 | 6.0 | 158.85 | 670.56 | 2086.3 | 2756.8 | 0.001 101 | 0.3157 |
| 6.0 | 7.0 | 164.97 | 697.22 | 2066.3 | 2763.5 | 0.001 108 | 0.2729 |
| 7.0 | 8.0 | 170.43 | 721.11 | 2048.0 | 2769.1 | 0.001 115 | 0.2404 |
| 8.0 | 9.0 | 175.38 | 742.83 | 2031.1 | 2773.9 | 0.001 121 | 0.2150 |
| 9.0 | 10.0 | 179.91 | 762.81 | 2015.3 | 2778.1 | 0.001 127 | 0.194 44 |
| 10.0 | 11.0 | 184.09 | 781.34 | 2000.4 | 2781.7 | 0.001 133 | 0.177 53 |
| 11.0 | 12.0 | 187.99 | 798.65 | 1986.2 | 2784.8 | 0.001 139 | 0.163 33 |
| 12.0 | 13.0 | 191.64 | 814.93 | 1972.7 | 2787.6 | 0.001 144 | 0.151 25 |
| 13.0 | 14.0 | 195.07 | 830.30 | 1959.7 | 2790.0 | 0.001 149 | 0.140 84 |
| 14.0 | 15.0 | 198.32 | 844.89 | 1947.3 | 2792.2 | 0.001 154 | 0.131 77 |
| 16.5 | 17.5 | 205.76 | 878.50 | 1917.9 | 2796.4 | 0.001 166 | 0.113 49 |
| 19.0 | 20.0 | 212.42 | 908.79 | 1890.7 | 2799.5 | 0.001 177 | 0.099 63 |
| 21.5 | 22.5 | 218.45 | 936.49 | 1865.2 | 2801.7 | 0.001 187 | 0.088 75 |
| 24 | 25 | 223.99 | 962.11 | 1841.0 | 2803.1 | 0.001 197 | 0.079 98 |
| 29 | 30 | 233.90 | 1008.42 | 1795.7 | 2804.2 | 0.001 217 | 0.066 68 |
| 34 | 35 | 242.60 | 1049.75 | 1753.7 | 2803.4 | 0.001 235 | 0.057 070 |
| 39 | 40 | 250.40 | 1087.31 | 1714.1 | 2801.4 | 0.001 252 | 0.049 780 |
| 49 | 50 | 263.99 | 1154.23 | 1640.1 | 2794.3 | 0.001 286 | 0.039 440 |
| 59 | 60 | 275.64 | 1213.35 | 1571.0 | 2784.3 | 0.001 319 | 0.032 440 |
| 69 | 70 | 285.88 | 1267.00 | 1505.1 | 2772.1 | 0.001 351 | 0.027 370 |
| 79 | 80 | 295.06 | 1316.64 | 1441.3 | 2758.0 | 0.001 384 | 0.023 520 |
| 89 | 90 | 303.40 | 1363.26 | 1378.9 | 2742.1 | 0.001 418 | 0.020 480 |
| 99 | 100 | 311.06 | 1407.56 | 1317.1 | 2724.7 | 0.001 452 | 0.018 026 |
| 119 | 120 | 324.75 | 1491.3 | 1193.6 | 2684.9 | 0.001 527 | 0.014 26 |
| 139 | 140 | 336.75 | 1571.1 | 1066.5 | 2637.6 | 0.001 611 | 0.011 485 |
| 159 | 160 | 347.44 | 1650.1 | 930.6 | 2580.6 | 0.001 711 | 0.009 306 |
| 179 | 180 | 357.06 | 1732.0 | 777.1 | 2509.1 | 0.001 840 | 0.007 489 |
| 199 | 200 | 365.81 | 1826.3 | 583.4 | 2409.7 | 0.002 036 | 0.005 834 |
| 219.9 | 220.9 | 374.14 | 2099.3 | 0.0 | 2099.3 | 0.003 155 | 0.003 155 |

Vapor Flash (Secundario)

¿Qué es el Vapor Flash? Cuando se tiene condensado caliente o agua hirviendo, presurizados, y se libera a una presión más baja, parte de esos líquidos se vuelven a evaporar, y a esto es a lo que se le llama Vapor Flash o Vapor Secundario.

¿Porqué es importante? El Vapor Flash es importante porque guarda unidades de calor o energía que pueden ser aprovechadas para una operación más económica de la planta. De lo contrario, esta energía es desperdiciada.

¿Cómo se forma? Cuando el agua se calienta a la presión atmosférica, su temperatura se eleva hasta que llega a 100°C, la temperatura más alta a la que el agua puede aún existir como líquido a esta presión. Cualquier calor adicional no eleva la temperatura, sino que transforma el agua en vapor.

El calor que es absorbido por el agua cuando eleva su temperatura hasta el punto de ebullición se llama "Calor Sensible" o Calor del Líquido Saturado. El calor que se necesita para transformar el agua en ebullición a vapor a la misma temperatura se llama "Calor Latente". La unidad de calor que se usa comúnmente es la caloría (cal), la cual representa la cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de un gramo (g) de agua, a la presión atmosférica, en un grado centígrado (°C).

Sin embargo, si el agua se calienta a presión, su punto de ebullición es más alto que 100°C y consecuentemente el Calor Sensible requerido es mayor. Mientras más alta sea la presión, más alto será el punto de ebullición y mayor el calor requerido. Cuando la presión se reduce, una cierta cantidad de Calor Sensible es liberado. Este calor es entonces absorbido en la forma de Calor Latente, lo cual causa que una cantidad del agua se convierta en Vapor Flash.

Condensado a la temperatura de vapor y a una presión absoluta de 10 bar guarda una cantidad de calor igual a 762.81 kJ/kg o 182.1 kcal/kg (véase la Columna 4 en la Tabla del Vapor). Si este condensado se descarga a la presión atmosférica (0 bar), su contenido calorífico instantáneamente se reduce a 417.46 kJ/kg o 99.7 kcal/kg. La diferencia de 345.35 kJ/kg o 82.4 kcal/kg transforma parte del condensado en Vapor Flash. El porcentaje del condensado que se convertirá en Vapor Flash se puede calcular usando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Vapor Flash} = \frac{SA - SB}{LL} \times 100$$

SA = Calor Sensible del condensado a alta presión, antes de ser descargado.

SB = Calor Sensible del condensado a baja presión, a la cual se descarga.

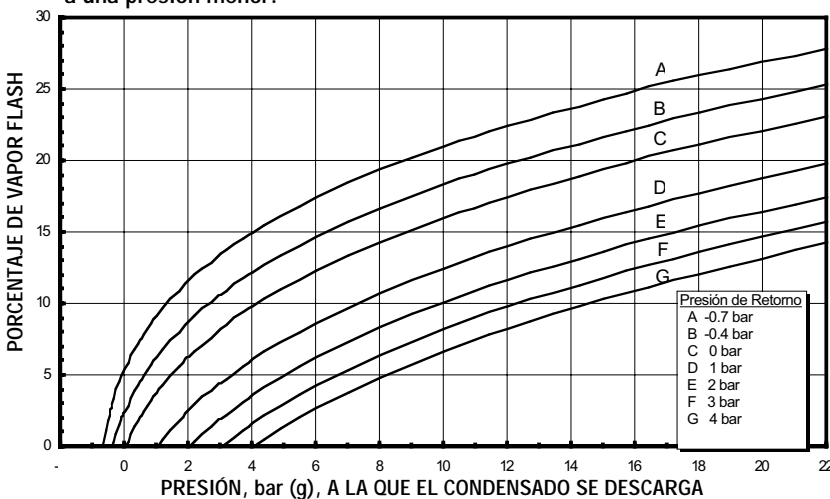
LL = Calor Latente del vapor a baja presión, a la cual se descargó.

$$\% \text{ Vapor Flash} = \frac{762 - 417}{2258} \times 100 = 15.29\%$$

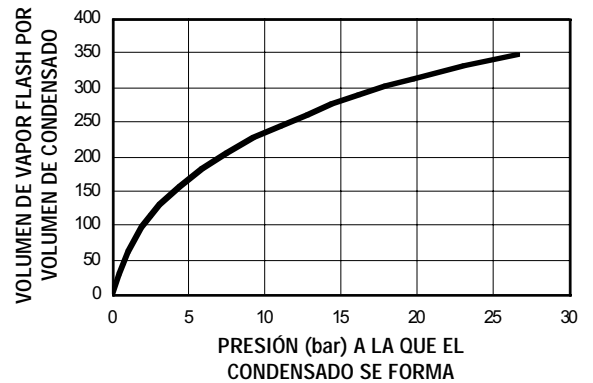
Para mayor conveniencia, la Gráfica 3-1 muestra la cantidad de Vapor Secundario o Flash que se formará cuando se descarga el condensado a diferentes presiones. **Otras Tablas útiles se proporcionan en la página 48.**

NOTA: En este manual se usarán presiones manométricas en bars, excepto donde se indique lo contrario. Ésto se aplica a todas las presiones indicadas para trampas y para otros sistemas o equipos. Presiones absolutas sólo se usarán cuando se refiera a valores de la tabla de vapor o en ciertos cálculos especiales.

Gráfica 3-1.
Porcentaje de Vapor Flash que se forma cuando se descarga condensado a una presión menor.



Gráfica 3-2.
Volumen de Vapor Flash que se forma cuando un metro cúbico de condensado se descarga a la presión atmosférica.



Vapor...Conceptos Básicos

Vapor es un gas invisible que se genera cuando se le añade energía calorífica al agua en una caldera. Se necesita añadir suficiente energía para que se eleve la temperatura del agua hasta su punto de ebullición. Después de ello, cualquier energía adicional transforma el agua en vapor, sin un incremento en la temperatura.

El vapor de agua es un vehículo para transferir calor en forma bastante eficiente y fácil de controlar. Es usado frecuentemente para transportar energía desde un punto central (la caldera) hasta varios lugares en la fábrica donde se utiliza para calentar aire, agua o para diversos usos en el proceso.

Como ya se mencionó, se requiere de energía (kJ) adicional para transformar agua hirviendo a vapor de agua. Esta energía en realidad no se pierde si no que se almacena en el vapor y está disponible para actividades como calentar el aire, cocer tomates, planchar pantalones o secar un rollo de papel.

A la cantidad de calor que se requiere para transformar agua hirviendo a vapor

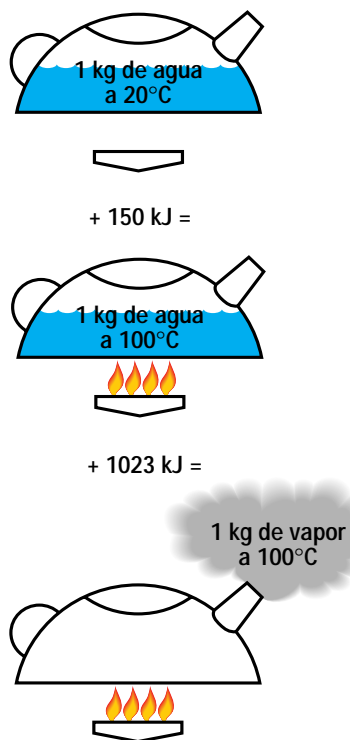


Figura 4-1. Estos dibujos muestran cuanto calor es necesario para generar un kilogramo de vapor a la presión atmosférica. Nótese que se necesita 4.19 kJ por cada 1°C de incremento en la temperatura hasta el punto de ebullición, pero se necesitan más kJ para convertir agua a 100°C en vapor a 100°C.

de agua se le llama Calor de Vaporización o Calor Latente. La cantidad requerida es diferente para cada combinación de presión/temperatura, como se muestra en la Tabla del Vapor.

Vapor Trabajando...Cómo el Calor del Vapor es Utilizado

El calor fluye de un punto a alta temperatura a un punto a temperatura menor, ésto es lo que se conoce como transferencia de calor. Empezando en la cámara de combustión de la caldera, el calor fluye a través de la pared de los tubos de la caldera hasta el agua. Cuando la presión más alta de la caldera empuja el vapor hacia afuera de la caldera, los tubos de distribución se calientan. Entonces calor fluye, a través de la pared de los tubos, hacia el aire a temperatura menor alrededor de la tubería. Esta transferencia de calor transforma una cierta cantidad del vapor en agua nuevamente. Ésta es la razón por la que usualmente las tuberías de distribución están aisladas, ya que así se minimiza el desperdicio de energía de esta transferencia de calor indeseable.

La historia es diferente cuando el calor llega a los intercambiadores de calor del sistema. En este caso se desea la transferencia de calor del vapor. El calor fluye hacia el aire en un calentador de aire, hacia el agua en un calentador de agua, o a los alimentos en una olla de cocido. Nada debe de interferir con esta transferencia de calor.

Drenado del Condensado... Porqué es Necesario

El condensado es un producto secundario de la transferencia de calor en un sistema de vapor. Se forma en el sistema de distribución debido a la inevitable existencia de radiación. También se forma en equipos de calentamiento y de proceso debido a la transferencia de calor del vapor a la sustancia que se desea calentar. Una vez que el vapor se condensa al haber soltado todo su valioso calor latente, el condensado caliente se debe de remover inmediatamente. El condensado todavía es agua caliente con valor energético y se debe de regresar a la caldera, aún cuando el calor disponible en un kilogramo de condensado es relativamente poco comparado al de un kilogramo de vapor.

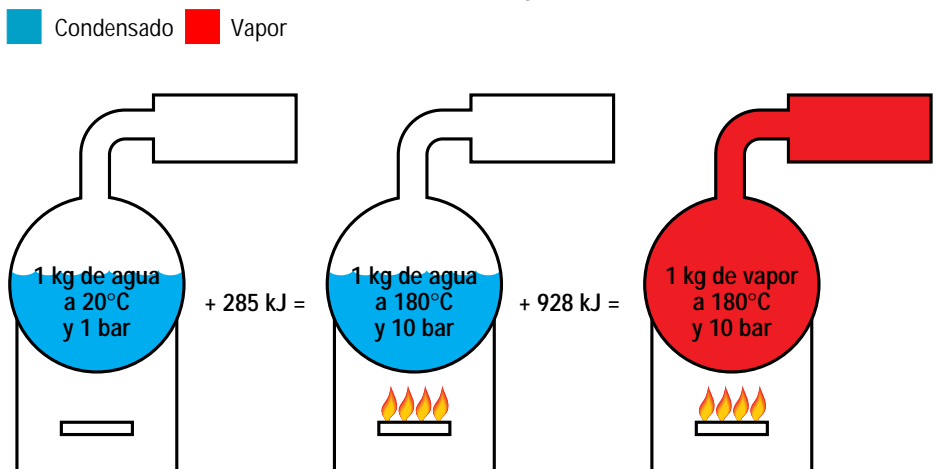


Figura 4-2. Estos dibujos muestran cuanto calor es necesario para generar un kilogramo de vapor a una presión de 10 bar. Nótese que se necesita más calor y una mayor temperatura para poder hervir el agua a 10 bar en vez de a presión atmosférica. Nótese también la cantidad menor de calor que se necesita para convertir agua a vapor a una temperatura más alta.

Definiciones

- **Kilojoule.** El Kilojoule es la unidad de energía en el sistema internacional de unidades (SI). Está relacionado a la Kilocaloría, que es la cantidad de energía calorífica requerida para elevar la temperatura en 1°C de un kilogramo de agua a 4°C. De la misma manera, una Kilocaloría es la cantidad de energía calorífica cedida por un kilogramo de agua cuando se enfría. Un Kilojoule son 0.2388 Kilocalorías.
- **Temperatura.** El grado de calentamiento, sin hacer referencia alguna a la cantidad de energía calorífica disponible.
- **Calor.** Una medida de la energía disponible sin hacer referencia a la temperatura. Por ejemplo, los Kilojoules que elevan la temperatura de un kilogramo de agua de 10°C a 11°C puede provenir del aire ambiente a una temperatura de 20°C, o de una flama a una temperatura de 500°C.

La necesidad de drenar el sistema de distribución. El condensado que se acumula en las líneas de vapor puede ser la causa de cierto tipo de golpe de ariete. Cuando el vapor viaja a velocidades de hasta 160 km/hr tiende a producir "olas" al pasar sobre el condensado (Fig. 5-2). Si se ha acumulado demasiado condensado entonces el vapor a alta velocidad lo estará empujando, lo cual produce un tapón de agua que crece y crece al empujar el líquido delante de él. Cualquier componente que trate de cambiar la dirección del flujo - conexiones, válvulas reguladoras, codos, bridas ciegas - puede ser destruido. Asimismo, aparte del daño producido por este 'golpeteo hidráulico', el agua a alta velocidad puede causar erosión significativa en las conexiones y tuberías con superficies metálicas.

La necesidad de drenar la unidad de transferencia de calor. Cuando el vapor se encuentra con condensado, que ha sido enfriado a una temperatura menor que la del vapor, se puede producir otro tipo de golpe de ariete que se conoce como *choque térmico*. El vapor ocupa un volumen mucho mayor que el condensado, así que cuando el vapor se condensa de forma repentina se generan ondas de choque que viajan por todo el sistema. Esta forma de golpe de ariete puede dañar el equipo, y básicamente indica que el condensado no está siendo drenado adecuadamente en el sistema.

Al mismo tiempo, el condensado ocupa espacio dentro de la unidad de transferencia de calor, lo cual reduce el tamaño físico y la capacidad de la unidad. Si el condensado se remueve rápidamente entonces la unidad está llena de vapor (Fig. 5-3). Pero al condensarse el vapor se forma una capa

de agua dentro de las superficies del intercambiador de calor. Además, los gases no-condensables no se convierten en líquidos y fluyen hacia afuera por gravedad, sino que se acumulan dentro de la unidad y también forman una capa delgada en las superficies del intercambiador de calor - junto con la suciedad y el sarro. Todos estos elementos son impedimentos para una transferencia de calor adecuada (Fig. 5-1).

La necesidad de remover aire y CO₂. Aire siempre está presente durante el arranque del equipo y en el agua de alimentación a la caldera. Además, el agua de alimentación puede tener disueltos ciertos carbonatos que liberan bióxido de carbono. La velocidad a que fluye el vapor empuja estos gases hacia las paredes de los intercambiadores de calor, lo que puede resultar en el bloqueo del flujo del calor. Esto empeora el problema del drenaje de condensados dado que estos gases deben de ser removidos del sistema junto con el condensado.

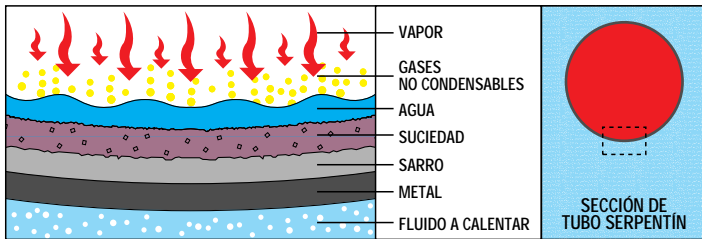


Figura 5-1. Posibles reductores de la transferencia de calor; el calor y la temperatura del vapor deben superar estas posibles barreras para poder hacer su trabajo.

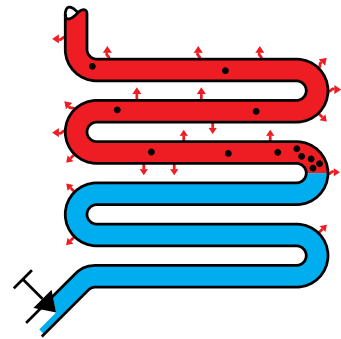


Figura 5-3. Un serpentín medio lleno de condensado no puede trabajar a su máxima capacidad.

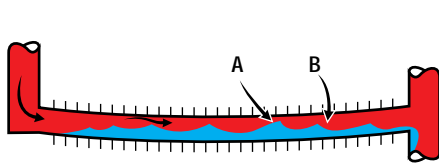


Figura 5-2. El condensado que se ha dejado acumular en las tuberías va a formar olas al pasarle vapor por encima de él, hasta que eventualmente puede bloquear el flujo (punto A). El condensado en la el área B produce una diferencia de presión que permite a la presión de vapor empujar el tapón de condensado a lo largo del tubo como un "cilindro golpeador".

Condensado Vapor Gases

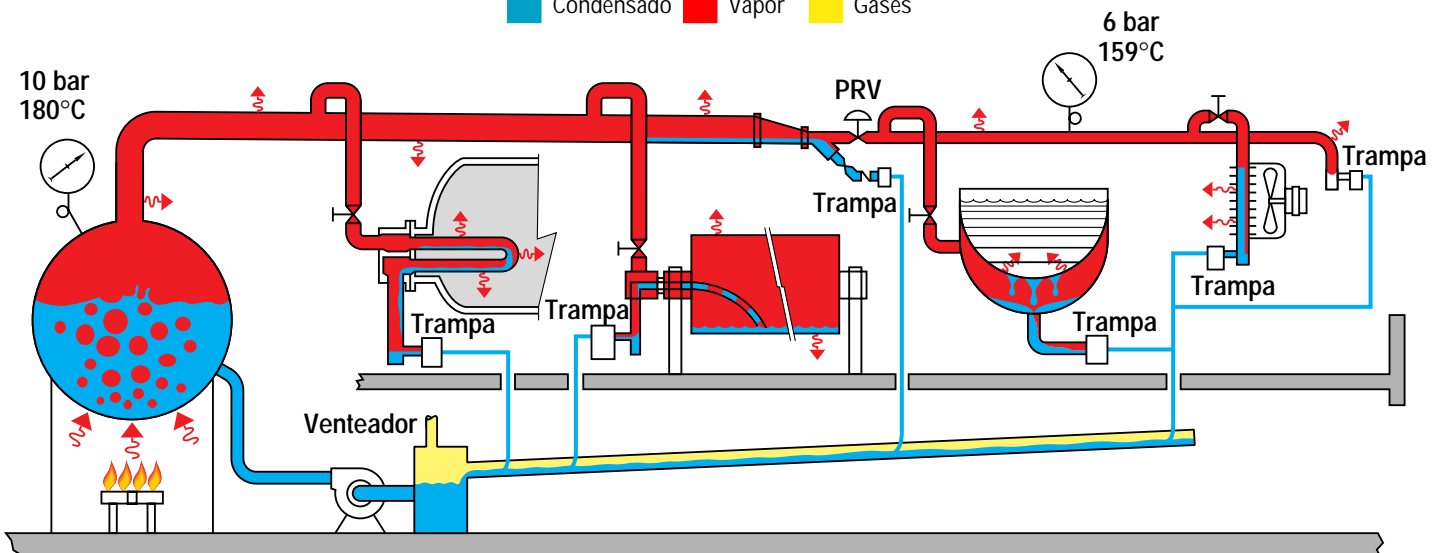


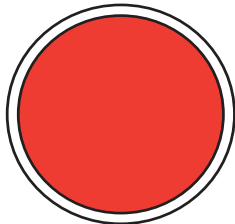
Figura 5-4. Nótese que la radiación de calor del sistema de tuberías causa la formación de condensado y, por lo tanto se requiere de trampas de vapor a los niveles bajos del sistema, o delante de las válvulas de control. En los intercambiadores de calor las trampas llevan a cabo la importante tarea de remover el condensado antes de que se convierta en un impedimento a la transferencia de calor. Condensado caliente se regresa, a través de las trampas, a la caldera para ser reusado.

Vapor...Conceptos Básicos

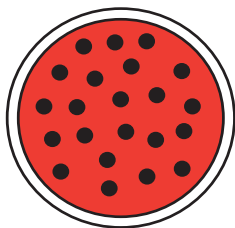
Efecto del Aire en la Temperatura del Vapor

Cuando el aire y otros gases se meten al sistema de vapor estarán ocupando parte del espacio que debería estar ocupado únicamente por el vapor. Y la temperatura de la mezcla aire/vapor va a ser menor que la que sería para vapor puro. La Figura 6-1 explica el efecto del aire en las líneas de vapor. La Tabla 6-1 y la Gráfica 6-1 muestran la reducción en temperatura causada por diferentes porcentajes de aire a varias presiones.

Figura 6-1. En una cámara donde existe aire y vapor se va a liberar el calor correspondiente a la presión parcial del vapor, no a la presión total de la cámara.



Cámara de Vapor - 100% vapor
Presión Total - 10 bar (a)
Presión del Vapor - 10 bar (a)
Temperatura del Vapor - 180°C



Cámara de Vapor - 90% vapor y 10% aire
Presión Total - 10 bar (a)
Presión del Vapor - 9 bar (a)
Temperatura del Vapor - 175.4°C

Tabla 6-1. Reducción en Temperatura Causada por Aire

| Presión (bar) | Temperatura Vapor Saturado (°C) | Temperatura del Vapor Mezclado con Varios Porcentajes de Aire (en Volumen) (°C) | | |
|------------------|------------------------------------|---|-------|-------|
| | | 10% | 20% | 30% |
| 2 | 120.2 | 116.7 | 113.0 | 110.0 |
| 4 | 143.6 | 140.0 | 135.5 | 131.1 |
| 6 | 158.8 | 154.5 | 150.3 | 145.1 |
| 8 | 170.4 | 165.9 | 161.3 | 155.9 |
| 10 | 179.9 | 175.4 | 170.4 | 165.0 |

Efecto del Aire en la Transferencia de Calor

El vapor lleva consigo aire y otros gases durante su flujo normal hacia el interior de un intercambiador de calor. Estos gases no-condensables, debido a que no se condensan y no se pueden drenar por gravedad, forman una barrera entre el vapor y las superficies del intercambiador de calor. Y las excelentes propiedades aisladoras del aire reducen la transferencia de calor. De hecho, bajo ciertas condiciones, con un porcentaje tan bajo como 0.5% de aire en el volumen de vapor puede reducir en un 50% la eficiencia de la transferencia de calor (Fig. 7-1).

Cuando los gases no-condensables (principalmente aire) se continúan acumulando y no son removidos de la unidad, poco a poco llenan el interior del intercambiador de calor y eventualmente bloquean completamente el flujo del vapor. Entonces se dice que la unidad está "bloqueada por aire".

Corrosión

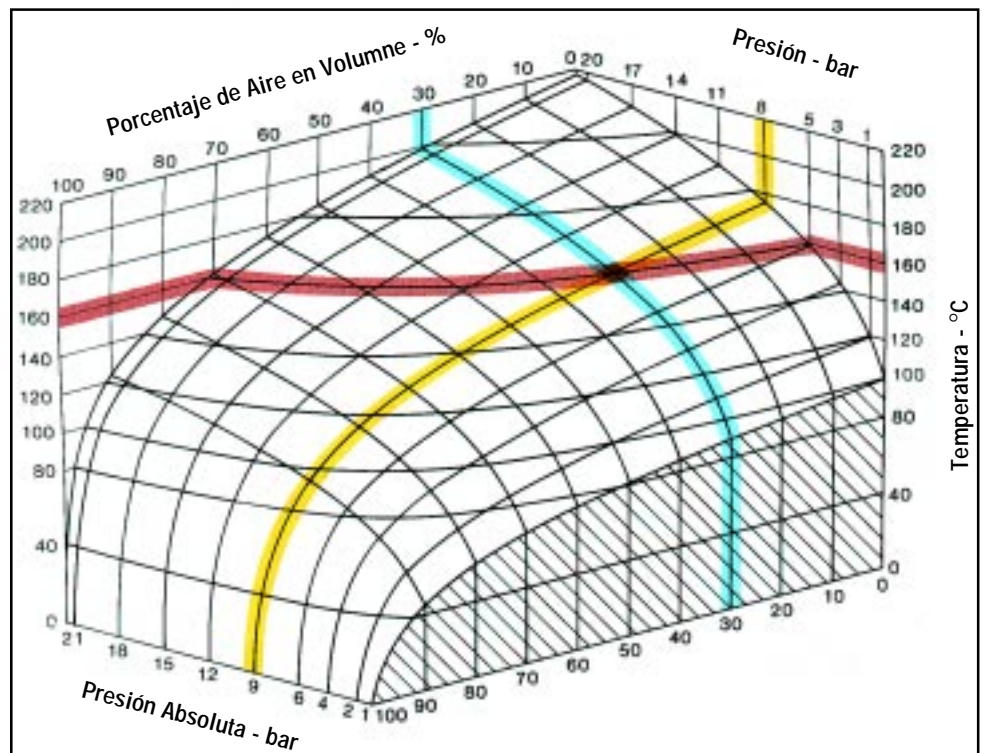
Dos causas principales para la formación de sarro y para la corrosión son el bióxido de carbono (CO₂) y oxígeno. CO₂ entra al sistema en los carbonatos que están disueltos en el agua de alimentación, y cuando ésta se

mezcla con el condensado enfriado se crea ácido carbónico. El ácido carbónico es extremadamente corrosivo y puede comerse las tuberías y los intercambiadores de calor (Fig. 7-2). Oxígeno entra al sistema como un gas disuelto en el agua de alimentación. El oxígeno hace más grave aún el efecto del ácido carbónico, incrementando la corrosión y picando las superficies de hierro y acero (Fig. 7-3).

Eliminando lo Indeseable

Resumiendo, las trampas de vapor deben drenar el condensado porque éste puede disminuir la transferencia de calor y puede causar golpe de ariete. Las trampas deben evacuar aire y otros gases no-condensables porque éstos pueden disminuir la transferencia de calor al reducir la temperatura del vapor y al aislar térmicamente el sistema. Y también pueden promover daños debidos a corrosión. Es imperativo remover condensado, aire y CO₂ tan rápida y completamente como se pueda.

Lo que se necesita es una *trampa de vapor*, la cual es simplemente una válvula automática que se abre al condensado, aire y CO₂, y se cierra al vapor. Y por razones de economía, las trampas de vapor deben de hacer su trabajo por largos períodos de operación y con un mínimo de mantenimiento.



Gráfica 6-1. Mezcla Aire - Vapor

Reducción de temperatura causada a varios porcentajes de aire a diversas presiones. Esta gráfica define el porcentaje de aire, a presión y temperatura conocidas, al determinar el punto de intersección entre presión, temperatura y porcentaje de aire en volumen. Por ejemplo,

piénsese en un sistema a una presión absoluta de **9 bar** y una **temperatura** en el intercambiador de calor **de 160°C**. Basado en la gráfica se puede determinar que hay **30% de aire en volumen** dentro del vapor.

Qué Debe de Hacer una Trampa de Vapor

El trabajo de una trampa de vapor es el sacar condensado, aire y CO₂ del sistema tan rápido como se empiezan a acumular. Asimismo, para una mayor eficiencia y economía, una trampa debe también de ofrecer:

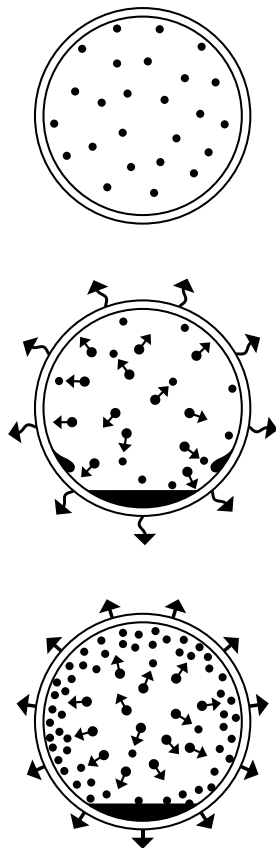
1. Pérdida mínima de vapor. La Tabla 7-1 muestra que tan costoso puede resultar el tener fugas de vapor sin reparar.

2. Larga vida y servicio seguro. El desgaste rápido de sus partes resulta en una trampa que no ofrece servicio seguro. Una trampa eficiente ofrece ahorro de dinero al minimizar la necesidad de pruebas, reparaciones, limpieza, interrupción de servicio o cualquier otro requerimiento.

3. Resistencia a la corrosión. Las partes importantes de una trampa deben de ser resistentes a la corrosión para que no sufran los efectos dañinos de los condensados cargados con ácidos o con oxígeno.

■ Condensado ■ Vapor

Figura 7-1. Cuando el vapor se condensa dentro de una unidad de transferencia de calor, el aire se mueve hacia las superficies de transferencia de calor, donde se consolida en una capa que forma un aislamiento térmico bastante efectivo.



4. Venteo del aire. El aire puede mezclarse con el vapor en cualquier momento, y en especial al arranque del equipo. El aire debe de ser venteado para tener una transferencia de calor eficiente y para prevenir bloqueos en el sistema.

5. Venteo del CO₂. Mediante el venteo del CO₂ a la temperatura del vapor se evita la formación de ácido carbónico. Por lo tanto la trampa de vapor debe de operar a una temperatura igual, o bastante cerca, a la temperatura del vapor, ya que el CO₂ se disuelve en condensado que se ha enfriado a temperatura menor que la del vapor.

6. Funcionamiento con contrapresión. Presurización de las líneas de retorno puede ocurrir por diseño o por un malfuncionamiento. Una trampa de vapor debe ser capaz de funcionar aún cuando exista contrapresión en su tubería de retorno al sistema.

7. Libre de problemas por suciedad. Suciedad y basura siempre serán algo que se encuentra en las trampas debido a que se instalan en los niveles bajos del sistema de vapor. El condensado recoge la suciedad y el sarro en las tuberías, y también partículas sólidas pueden ser acarreadas desde la caldera. Aún las

partículas que se cuelan por los filtros son erosivas y por lo tanto la trampa de vapor debe de ser capaz de funcionar ante la presencia de suciedad.

Una trampa que ofrezca cualquier cosa menor que todas estas características deseadas, resultará en una eficiencia menor en el sistema y en un incremento en costos. Cuando una trampa ofrece todas las características enlistadas, el sistema puede lograr:

1. Calentamiento rápido de las unidades de transferencia de calor
2. Temperaturas máximas en las unidades para una mejor transferencia de calor
3. Funcionamiento a capacidad máxima
4. Máximo ahorro energético
5. Reducción de la mano de obra por unidad
6. Una vida en servicio larga, sin problemas y de mínimo mantenimiento

En algunos casos especiales se necesita una trampa sin algunas de las características mencionadas, pero en la gran mayoría de las aplicaciones la trampa que sea capaz de satisfacer todas las necesidades será la que dé mejores resultados.

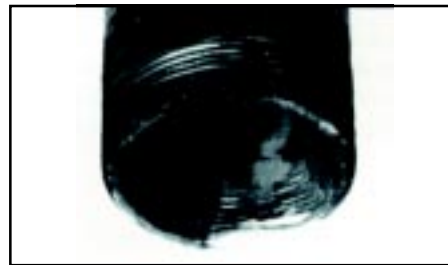


Figura 7-2. El gas CO₂ se mezcla con el condensado que se ha enfriado a una temperatura menor que la del vapor, y forma ácido carbónico que corroe tuberías y unidades de transferencia de calor. Obsérvese en la figura cómo las roscas han sido corroídas.

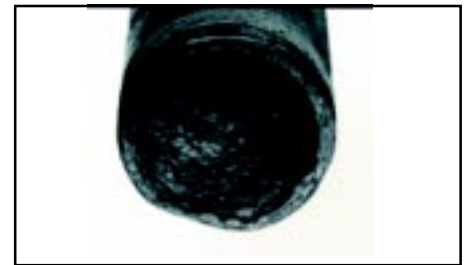


Figura 7-3. El oxígeno en el sistema aumenta la corrosión (como oxidación) de las tuberías, causando picaduras como la mostrada en la figura.

Figs. 7-2 y 7-3 son cortesía de Dearborn Chemical Company, USA.

Tabla 7-1. Costo de varios tamaños de fugas de vapor a 7 bar

| Tamaño del Orificio (in) | Kilogramos de vapor desperdiciados al mes |
|--------------------------|---|
| 1/2 | 379,500 |
| 7/16 | 289,500 |
| 3/8 | 213,600 |
| 5/16 | 147,700 |
| 1/4 | 95,400 |
| 3/16 | 53,200 |
| 1/8 | 23,800 |

Las pérdidas de vapor indicadas suponen un vapor limpio y seco que fluye hacia la atmósfera a través de un orificio de bordes agudos, y sin condensado presente. La existencia de condensado usualmente resulta en pérdidas menores debido a la creación de vapor flash cuando se tiene una caída en la presión del vapor.

La Trampa de Vapor de Balde Invertido

La trampa de vapor Armstrong con balde invertido y sumergido es una trampa mecánica que opera basada en la diferencia de densidades entre el vapor y el agua. Véase Fig. 8-1. El vapor que entra al balde invertido y sumergido causa que éste flote y que cierre la válvula de descarga. El condensado que entra a la trampa hace al balde más pesado, por lo que se hunde y así se abre la válvula de descarga para dejar salir al condensado. A diferencia de otras trampas mecánicas, la de Balde Invertido también ventea continuamente el aire y el bióxido de carbono, a la temperatura del vapor.

Este principio sencillo para remover condensado fue inventado por Armstrong en 1911. Después de años de hacerle mejorías en cuanto a materiales y fabricación, las trampas de Balde Invertido de Armstrong que se tienen hoy en día son prácticamente insuperables en eficiencia de operación, en confiabilidad y en vida útil.

Servicio Prolongado, y Eficiente en Energía

El corazón de la trampa de Balde Invertido de Armstrong es un mecanismo único de palanca que multiplica la fuerza ejercida por el balde para abrir la válvula en contra de la presión existente. No hay pivotes

fijos que puedan desgastarse o crear fricción. El mecanismo está diseñado para abrir el orificio de descarga a su máxima capacidad. Asimismo, el balde es resistente al golpe de ariete debido a que está abierto en su parte inferior. Los posibles puntos de desgaste están reforzados para una vida útil más larga.

Una trampa de Balde Invertido de Armstrong puede seguir conservando energía aún cuando sufra desgaste. Esto es debido a que al desgastarse el asiento de la válvula, se incrementa su diámetro y esto cambia la geometría y el diámetro de la bola de la válvula. Cuando esto ocurre lo que ocasiona es que la bola asiente más profundamente, asegurándose un sello más hermético.

Operación Confiable

La trampa de Balde Invertido de Armstrong debe su confiabilidad a un diseño especial que la hace virtualmente libre de problemas por suciedad. Nótese que la válvula y su asiento están en la parte superior de la trampa. Así que las partículas grandes de basura se hunden hasta el fondo de la trampa, en donde son pulverizadas debido al golpeteo por el subir y bajar del balde. Debido a que la válvula del balde invertido está cerrada o completamente abierta, las partículas pueden salir de la trampa sin problemas. Asimismo, el flujo rápido de condensado por debajo del borde del balde crea una acción limpiadora única que se lleva la basura fuera de la trampa. El Balde

Invertido tiene únicamente dos partes móviles: el mecanismo de palanca de la válvula y el balde. Esto significa que no hay ni puntos fijos ni mecanismos complicados, es decir nada que se atore, atasque o tape.

Partes Resistentes a la Corrosión

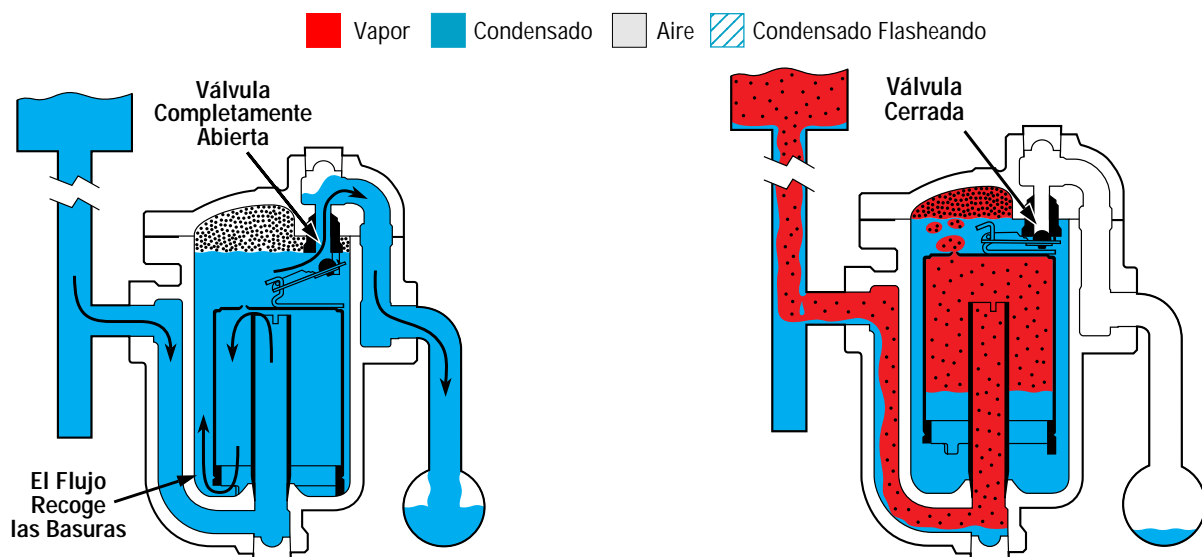
La válvula y el asiento de las trampas de Balde Invertido de Armstrong están hechos de acero inoxidable de alto contenido de cromo, y son lijados y lapeados. Todas las demás partes están hechas de acero inoxidable que es resistente a la corrosión y al desgaste.

Funcionan con Contrapresión

Al tenerse presión en la línea de descarga de la trampa básicamente se reduce el diferencial de presión a través de la válvula. Cuando la presión de salida o contrapresión es casi igual a la presión de entrada, la descarga se vuelve continua, tal y como sucede cuando se tienen presiones diferenciales muy bajas.

Aparte de la disminución de su capacidad debido a un diferencial bajo, la contrapresión no tiene ningún otro efecto negativo en el funcionamiento de la trampa de Balde Invertido. El único efecto es que simplemente se necesita que el balde ejerza una fuerza menor para abrir la válvula y para que la trampa entre en su ciclo.

Figura 8-1. Funcionamiento de la Trampa de Vapor de Balde Invertido (a presiones cerca de la máxima)



1. La trampa de vapor se instala en la línea de drenaje, entre la unidad calentada por vapor y el cabezal de retorno de condensados. Al arranque, el balde está abajo y la válvula está completamente abierta. Cuando el flujo inicial de condensado entra a la trampa, fluye por debajo del borde inferior del balde, llena el cuerpo de la trampa y sumerge completamente al balde. El condensado entonces sale a través de la válvula completamente abierta y se descarga a la tubería de regreso.

2. El vapor también entra a la trampa dentro del balde invertido, donde se eleva y se acumula en la parte superior, provocando la flotación del balde. Al subir el balde también sube la bola de la válvula hacia su asiento, hasta que la válvula cierra herméticamente. El aire y el bióxido de carbono pasan continuamente por el venteador del balde y se acumula en la parte superior de la trampa. El vapor que se escape por el venteador se condensa debido a la radiación de la trampa.

Tipos de Trampas Armstrong de Balde Invertido Disponibles para Satisfacer Necesidades Específicas

Específicas

Las trampas de Balde Invertido están disponibles en diferentes materiales del cuerpo, con diferentes configuraciones de tuberías, y otras opciones más. Esta variedad permite una gran flexibilidad para escoger la trampa correcta que satisfaga las necesidades específicas de la aplicación. Véase Tabla 9-1.

1. Trampas Completamente de Acero Inoxidable. Con cuerpos sellados, a prueba de forzaduras y hechas de acero inoxidable. Estas trampas son capaces de aguantar congelamiento sin sufrir daño alguno. Se pueden instalar en venas de vapor, colectores a la intemperie y otras aplicaciones donde puede existir congelamiento. Para presiones de hasta 45 bar y temperaturas hasta de 345°C.

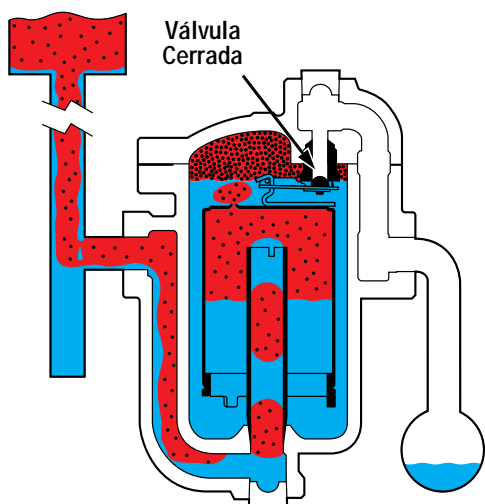
2. Trampas de Hierro Fundido. La trampa de Balde Invertido estándar para uso general en presiones hasta de 17 bar y temperaturas hasta de 232°C. Se ofrecen con conexiones laterales, conexiones laterales con filtro integrado, y conexión tipo entrada abajo - salida arriba.

3. Trampas de Acero Forjado. Trampa de Balde Invertido estándar para aplicaciones de alta presión y alta temperatura (incluyendo vapor sobrecalentado), llegando hasta 180 bar y 560°C.

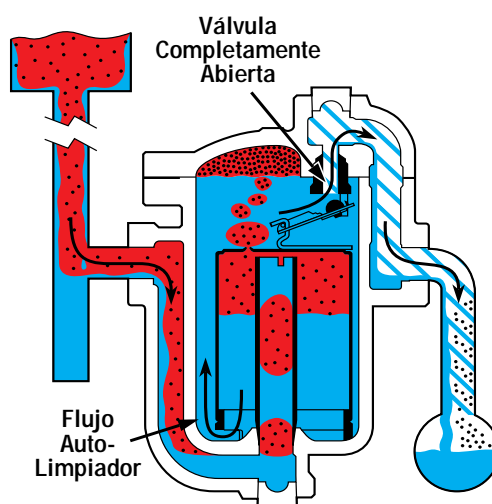
4. Trampas de Acero Inoxidable Fundido. Trampa de Balde Invertido estándar para aplicaciones de alta capacidad y corrosivas. Se pueden reparar. Para presiones de hasta 47 bar y temperaturas de hasta 263°C.

Tabla 9-1. Parámetros Típicos de Diseño para las Trampas de Balde Invertido

| | Hierro Fundido | Acero Inoxidable Estirado | Acero Forjado | Acero Fundido | Acero Inoxidable Fundido |
|-------------------------------|--------------------------|--|--|--|--|
| Conexiones (inches) (mm) | 1/2" a 2 1/2" 15 - 65 | 3/8" a 1" 10 - 25 | 1/2" a 2" 15 - 50 | 1/2" a 1" 15 - 25 | 1/2" a 2" 15 - 50 |
| Tipo de Conexiones | Roscada | Roscada, Soldada a Tope, o a Presión | Roscada, Soldada a Tope, o Bridada | Roscada, Soldada a Tope, o Bridada | Roscada, Soldada a Tope, o Bridada |
| Presión de Operación (bar) | 0 a 17 | 0 a 45 | 0 a 186 | 0 a 41 | 0 a 47 |
| Capacidad (kg/hr) | Hasta 9,091 | Hasta 2,000 | Hasta 8,636 | Hasta 2,000 | Hasta 8,636 |



3. Cuando el condensado empieza a llenar el balde, el balde comienza a jalar la palanca de la válvula. Dado que el nivel del condensado sigue subiendo, más fuerza es ejercida en la palanca, hasta que es suficiente para vencer la presión diferencial de la válvula, la cual se abre.



4. Al momento que la válvula se abre, la fuerza de la presión a través de ella se reduce, y el balde se hunde rápidamente, lo que abre la válvula completamente. Primero sale el aire que se ha acumulado, seguido por el condensado. El flujo que hay por debajo del borde del balde levanta la suciedad y se la lleva fuera de la trampa. La descarga continúa hasta que llegue más vapor que haga flotar al balde, y así se repita el ciclo.

La Trampa de Vapor de Flotador y Termostática

La trampa de Flotador y Termostática (F&T) es una trampa mecánica que opera en base a los conceptos de densidad y temperatura. La válvula de flotador opera basada en el concepto de densidad: una palanca conecta la bola del flotador a la válvula y su asiento. El flotador se eleva una vez que el condensado llega hasta cierto nivel en la trampa, abriendo el orificio de la válvula y drenando el condensado. El sello de agua formado por el propio condensado evita la pérdida de vapor vivo.

Al estar la válvula de descarga bajo agua, no es posible que se pueda ventear el aire y los no-condensables. Cuando la acumulación de aire y gases no-condensables causa una caída significativa de temperatura, un venteador termostático en la parte superior de la trampa se abre para descargarlos. El venteador termostático se activa a una temperatura unos cuantos grados menor que la de saturación, de manera que es capaz de descargar volúmenes grandes de aire - mediante un orificio independiente - pero a una temperatura ligeramente más baja.

Las trampas F&T de Armstrong ofrecen una gran capacidad de venteo de aire, responden inmediatamente al existir condensado, y son adecuadas para aplicaciones industriales y de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC).

Funcionamiento Confiable Bajo Presión de Vapor Variable

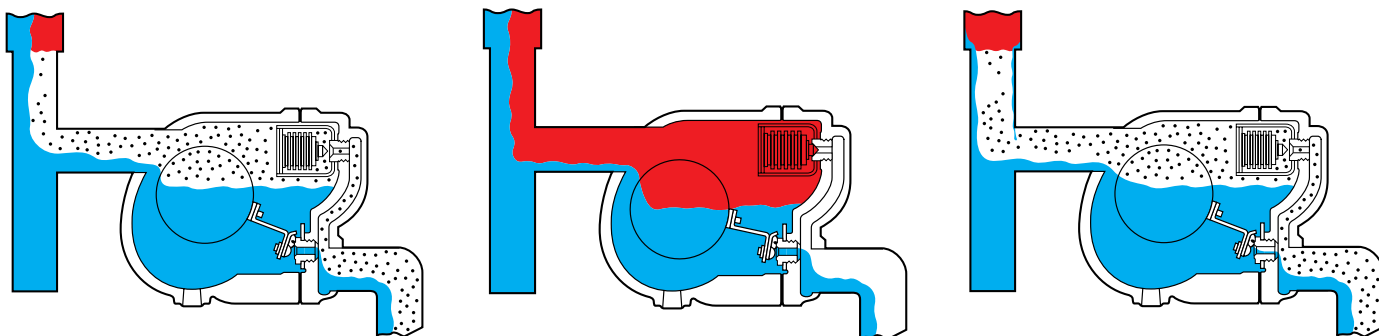
Presión de vapor variable significa que la presión en la unidad intercambiadora de calor que se está drenando puede tener cualquier valor entre la máxima presión de suministro del vapor y presión de vacío, bajo ciertas condiciones. Consecuentemente, bajo condiciones de no presión sólo existe la fuerza de gravedad para empujar el condensado a través de la trampa. Grandes cantidades de aire también pueden ser liberadas cuando se tienen bajas presiones de vapor. Las trampas F&T tienen un funcionamiento eficiente que satisface todas estas condiciones especiales.

Funcionamiento con Alta Contrapresión

La contrapresión no tiene ningún efecto negativo en el funcionamiento de una trampa F&T, fuera de la disminución de su capacidad debido a una presión diferencial baja. Y cuando se tenga una contrapresión alta, la trampa no dejará de cerrar y no dejará escapar vapor.

Figura 10-1. Funcionamiento de la Trampa de Vapor F&T

■ Vapor ■ Condensado ■ Aire



1. Al arranque, la baja presión en el sistema fuerza al aire a salir por el venteador termostático. Después del venteo del aire, usualmente se tiene una gran cantidad de condensado que eleva el flotador y abre la válvula principal. El aire sigue siendo descargado por el venteador.

2. Cuando el vapor llega a la trampa, el venteador termostático se cierra al responder a la temperatura más alta. El condensado sigue fluyendo a través de la válvula principal, la cual se abre de acuerdo a la posición del flotador. La abertura de la válvula es suficiente para descargar el condensado con la misma rapidez con que llega.

3. Cuando se ha acumulado aire en la trampa, la temperatura cae por debajo de la temperatura de vapor saturado. En ese momento el venteador térmico tiene una presión balanceada, se abre y el aire se descarga.

NOTE: Estos dibujos del funcionamiento de la trampa F&T no representan la configuración real.

Estándar SHEMA

Las trampas F&T para presiones de hasta 1 bar se pueden seleccionar basado en el tamaño de la tubería y siguiendo la clasificación establecida por SHEMA (Asociación de Fabricantes de Equipo de Calefacción con Vapor). La clasificación SHEMA es la misma para todas las marcas de trampas F&T dado que ha sido establecida en base a la capacidad de flujo en una tubería llena de condensado hasta la mitad y con condiciones específicas de presión, longitud de tubo, inclinación, etc.

Diferentes organizaciones especifican diferentes procedimientos para utilizar los estándares SHEMA en la selección de trampas. Estos procedimientos deben de seguirse para poder cumplir con las especificaciones de esa organización. Sin embargo, no se necesita factor de seguridad para la trampa debido a que la clasificación SHEMA ya considera que debe de tenerse eliminación continua del aire cuando la trampa está operando a su máxima capacidad de condensado, y en condiciones de sobrecarga.

Tabla 11-1. Parámetros Típicos de Diseño para Trampas de Flotador y Termostáticas

| | Hierro Fundido | Acero Fundido |
|----------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| Conexiones | 1/2" a 3" 15 - 80 mm | 2" a 3" 50 - 80 mm |
| Tipo de Conexiones | Roscadas o Bridadas | Roscadas, Soldadas a Tope o Bridadas |
| Presión de Operación (bar) | 0 a 17 | 0 a 31 |
| Capacidad (kg/hr) | Hasta 94,545 | Hasta 127,273 |

La Trampa de Vapor de Disco Controlado

La trampa de vapor de Disco Controlado (CD) es un sistema que funciona con un retraso de tiempo, y que opera en base al concepto de velocidad. Esta trampa tiene sólo una parte móvil: el disco. Debido a que es bastante liviana y compacta, la trampa CD satisface las necesidades en muchas aplicaciones donde el espacio es limitado. Además de las ventajas de simple operación y tamaño reducido, la trampa CD también ofrece otras ventajas, tales como: resistencia contra impacto hidráulico, descarga total de todo el condensado al abrir, y operación intermitente para un purgado continuo.

El funcionamiento de las trampas de disco controlado está basado en el cambio de presiones en la cámara donde se encuentra el disco. La trampa CD de Armstrong se mantendrá abierta mientras se tenga condensado frío

fluyendo. Cuando el vapor o el vapor flash llega al orificio de entrada, la velocidad del flujo se incrementa y el disco es jalado hacia su asiento. El disco cierra al incrementarse la presión en la cámara de control. La diferencia de presión necesaria para abrir la trampa es controlada por la cámara de calentamiento en la tapa de la trampa, y por una pequeña ranura de purgado en el disco. Una vez que el sistema está a la temperatura de operación, el ciclo de la trampa es controlado por la ranura de purgado.

Cámara Especial de Calentamiento

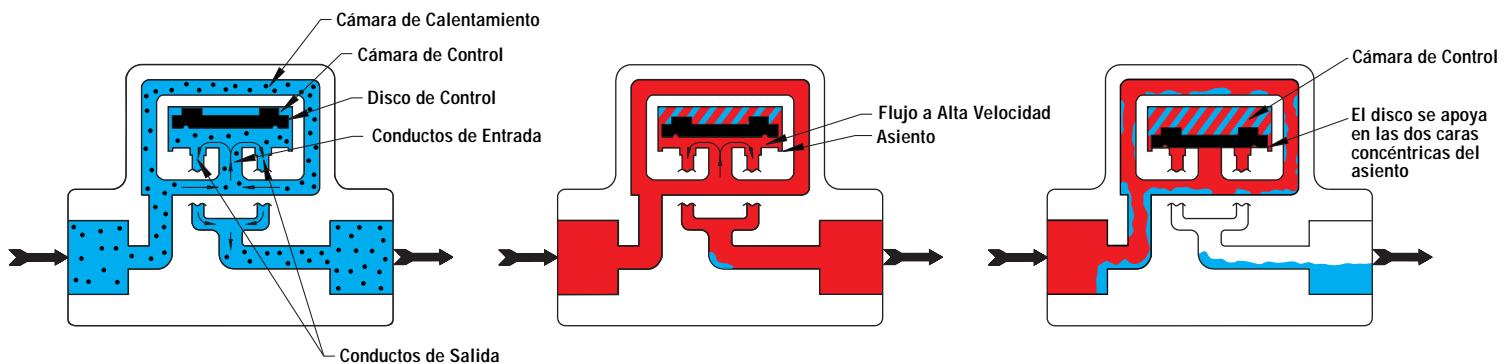
La cámara especial de calentamiento en las trampas Armstrong de Disco Controlado envuelve el cuerpo y la cámara de control del disco. La purga controlada, desde la cámara hasta la

salida de la trampa, es lo que controla la operación de la trampa, lo que significa que el diseño de la trampa - y no las condiciones ambientales - es lo que controla el ciclo de la trampa. Si no se tuviese este método de control, el ciclo de la trampa sería afectado por la lluvia, nieve, y condiciones ambientales a bajas temperatura.

Tabla 11-2. Parámetros Típicos de Diseño para Trampas de Flotador y Termostáticas

| | Acero |
|----------------------------|-----------------------------------|
| Conexiones | 3/8" a 1" 10 - 25 mm |
| Tipo de Conexiones | Roscadas, Soladas a Tope Bridadas |
| Presión de Operación (bar) | 0.70 a 41 |
| Capacidad (kg/hr) | Hasta 1,295 |

Figura 11-1. Diseño y Funcionamiento de las Trampas de Disco Controlado



1. Al arrancar, el condensado y el aire entran a la trampa y pasan por la cámara de calentamiento, alrededor de la cámara de control, y a través de los orificios de entrada. Este flujo separa el disco de los orificios y permite que el condensado fluya por los conductos de salida.

2. El vapor entra por los conductos de entrada y fluye hasta debajo del disco de control. La velocidad de flujo a lo largo de la cara del disco se incrementa, produciéndose una reducción en la presión que jala al disco hacia el asiento, cerrando la trampa.

3. El disco se apoya en las dos caras concéntricas del asiento, cerrando los conductos de entrada y trapeando vapor y condensado arriba del disco. Hay una purga controlada del vapor en la cámara de control, y el vapor flash generado ayuda a mantener la presión en la cámara de control. Cuando la presión arriba del disco se reduce, la presión a la entrada separa al disco de su asiento. Y si existe condensado, se descarga y básicamente se repite el ciclo.

La Trampa de Vapor Termostática

Las trampas de vapor Termostáticas están disponibles con fuelle de presión balanceada o con elementos tipo wafer, y están hechas de una gran variedad de materiales, tales como: acero inoxidable, acero al carbono, y bronce. Estas trampas son utilizadas para aplicaciones donde se tienen cargas de condensado bastante ligeras.

Funcionamiento Termostático

El funcionamiento de las trampas de vapor Termostáticas es basado en la diferencia entre la temperatura del vapor y la del condensado frío y el aire. El vapor incrementa la presión dentro del elemento termostático, cerrando la trampa. Cuando el condensado y los gases no-condensables se acumulan en el segmento de enfriamiento, la temperatura empieza a disminuir y el elemento termostático se contrae, abriéndose la válvula. La cantidad de condensado

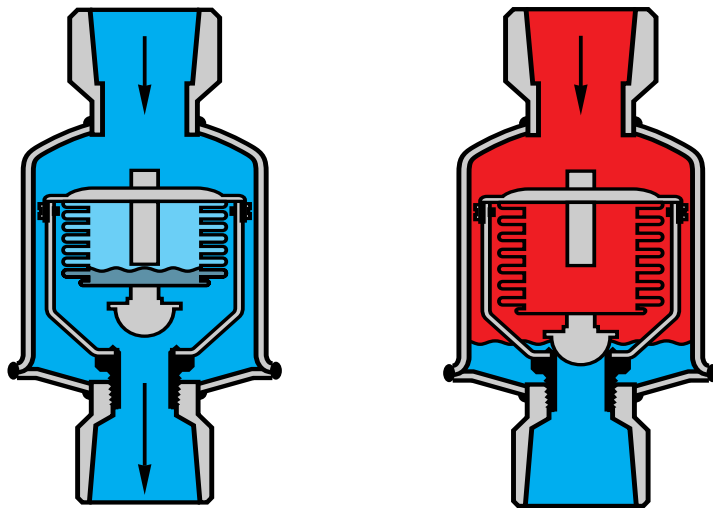
Tabla 12-1. Parámetros de Diseño para Trampas Termostáticas

| | Fuelle de Presión Balanceada | | Wafer de Presión Balanceada | | |
|-------------------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| | Acero Inoxidable | Bronce | Acero Inoxidable | Acero al Carbono | Bronce |
| Material del Cuerpo y la Tapa | Acero Inoxidable | Bronce | Acero Inoxidable | Acero al Carbono | Bronce |
| Conexiones | 1/2", 3/4" 15, 20 mm | 1/2", 3/4" 15, 20 mm | 1/4" a 3/4" 6 a 20 mm | 1/2", 3/4" 15, 20 mm | 1/2", 3/4", 1" 15, 20, 25 mm |
| Tipo de Conexiones | Roscadas, Soldadas a Tope | NPT Recta, En Ángulo | Roscadas, Soldadas a Tope | Roscadas, Soldadas a Tope | NPT Recta, En Ángulo |
| Presión de Operación (bar) | 0-20.5 | 0-3.5 | 0-28 | 0-41 | 0-4.5 |
| Capacidad (kg/hr) | Hasta 1,568 | Hasta 726 | Hasta 31.8 | Hasta 34.9 | Hasta 436 |

acumulado a la salida de la trampa depende de las condiciones de operación, la presión del vapor, y el tamaño de la tubería. Es importante hacer notar que una acumulación de gases no-condensables puede ocurrir detrás de la acumulación de condensado.

NOTA: Las Trampas Termostáticas también pueden ser usadas para ventear aire en un sistema de vapor. Cuando el aire se acumula, la temperatura disminuye y el venteador termostático automáticamente descarga el aire a una temperatura ligeramente menor que la temperatura del vapor, en todo el rango de presiones de operación.

Figura 12-1. Funcionamiento de la Trampa de Vapor Termostática

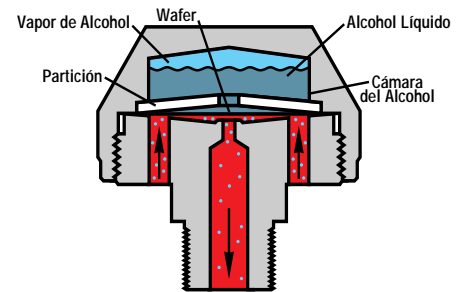


1. Al arranque, el condensado y el aire son empujados por el vapor directamente a través de la trampa. El elemento de fuelle termostático está completamente contraído y la válvula permanece abierta hasta que el vapor llega a la trampa.

2. Cuando la temperatura dentro de la trampa se incrementa, el elemento de fuelle se calienta rápidamente, y la presión del vapor dentro de él se incrementa. Cuando la presión dentro del fuelle es igual a la presión en el cuerpo de la trampa, la característica elástica del fuelle resulta en que se expanda, cerrando la válvula. Cuando la temperatura en la trampa se reduce unos cuantos grados debajo de la temperatura de vapor saturado, se produce un desbalance en las presiones que contraen el fuelle, abriéndose nuevamente la válvula.

Figura 12-2 Funcionamiento del Wafer Termostático

■ Vapor
 ■ Condensado y Aire
 ■ Condensado



El funcionamiento del Wafer Termostático de Presión Balanceada es bastante similar al de los fuelles de presión balanceada, descrito en Fig. 12-1. El wafer está parcialmente lleno con un líquido. Cuando la temperatura dentro de la trampa se incrementa, el wafer se calienta y se incrementa la presión del vapor dentro de él. Cuando la presión dentro del wafer excede la presión del vapor en los alrededores, la membrana del wafer es empujada contra el asiento de la válvula, cerrando la trampa. Una caída en la temperatura, causada por el condensado o los gases no-condensables, enfría y reduce la presión dentro del wafer, permitiendo al wafer despegarse del asiento de la válvula.

El Controlador Automático Diferencial de Condensado

Los Controladores Automáticos Diferenciales de Condensado (DC) de Armstrong están diseñados para trabajar en situaciones donde el condensado tiene que ser subido desde su punto de drenaje, o en aplicaciones con drenaje por gravedad donde un aumento en la velocidad del flujo ayuda en el drenado.

Cuando se sube el condensado desde su punto de drenaje (comúnmente llamado "drenaje por sifón") se produce una disminución en la presión del condensado, lo cual resulta en que una parte del condensado se convierte en vapor flash. Una trampa ordinaria es incapaz de distinguir entre vapor flash (espontáneo) y vapor vivo, por lo que se cierra e impide la descarga del condensado.

El aumento en la velocidad del flujo en drenajes por gravedad ayuda a llevar el condensado y el aire a la trampa DC. Este aumento en la velocidad es producido por un bypass interno de vapor, el cual es controlado por una válvula de medición manual. Por lo cual el controlador de condensado ventea automáticamente el vapor del bypass o

secundario. Este vapor se puede coleccionar para luego usarse en otros intercambiadores de calor, o se puede descargar en la línea de retorno de condensado.

Las capacidades requeridas para el drenado de equipo varían considerablemente con el tipo de aplicación que se tiene. Sin embargo, un sólo Controlador de Condensado provee suficiente capacidad para la mayoría de las aplicaciones.

Tabla 13-1. Parámetros Típicos de Diseño para Controladores Automáticos Diferenciales de Condensado

| | Hierro Fundido |
|----------------------------|-------------------------|
| Conexiones | 1/2" a 2" 15 - 50 mm |
| Tipo de Conexiones | Roscadas |
| Presión de Operación (bar) | 0 a 17 |
| Capacidad (kg/hr) | Hasta 9,091 |

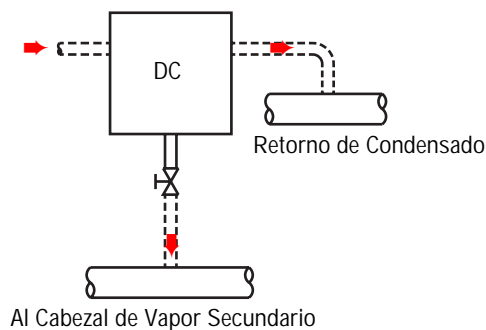
Funcionamiento del Controlador de Condensados

Condensado, aire y vapor (vivo y flash) fluyen hacia la entrada del controlador. En ese momento el vapor flash y el aire son automáticamente separados del condensado, y son enviados de forma controlada hacia el bypass integrado, generando el vapor secundario (Véase Fig. 13-2).

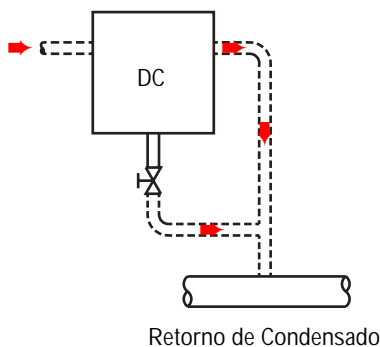
La válvula es ajustable para que se pueda controlar la cantidad de vapor flash que se tiene al operar a máxima capacidad, o para satisfacer la velocidad requerida en el sistema. El condensado se descarga por otro orificio, el cual es controlado por el balde invertido.

Debido al diseño con doble orificio, se define de antemano una presión diferencial de control para el sistema de vapor secundario, mientras que se puede operar a la máxima presión diferencial para la descarga del condensado.

Figura 13-1.

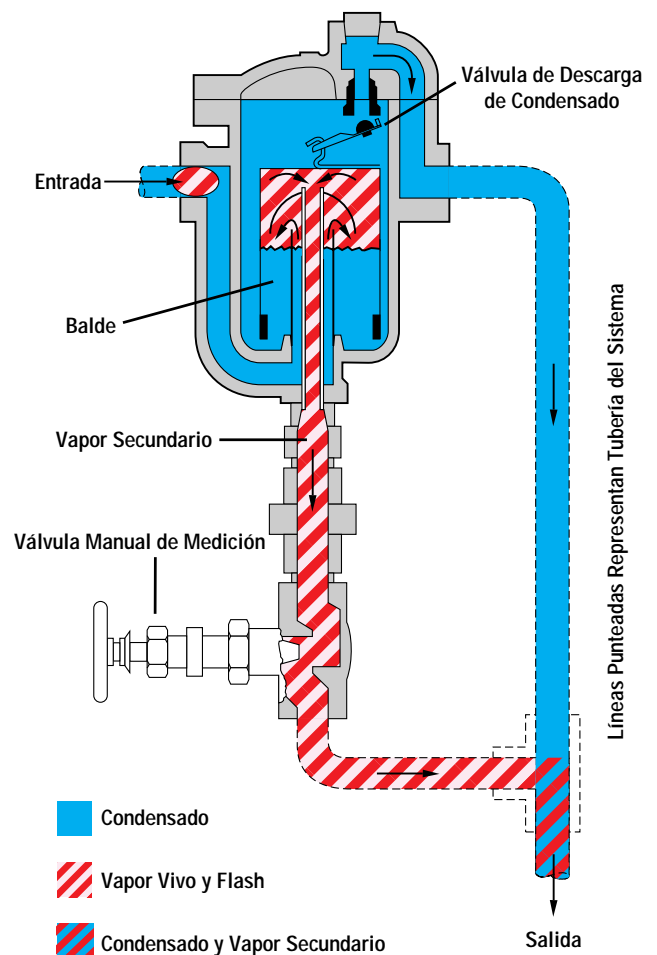


Para un uso más eficiente de la energía del vapor, Armstrong recomienda este sistema de tuberías cuando el vapor secundario es coleccionado y reusado en equipo de transferencia de calor.



Sistema de tuberías cuando el vapor flash y los gases no-condensables son removidos y llevados directamente a la línea de retorno del condensado.

Figura 13-2. Funcionamiento del Controlador de Condensados



Selección de Trampas

Para poder obtener todos los beneficios de las trampas que se han descrito en las páginas anteriores es necesario que las trampas sean seleccionadas en el tamaño y para la presión correcta para la aplicación en turno, y que sean instaladas y que se les dé el mantenimiento apropiado. Uno de los propósitos de este Manual es de presentar la información para una selección adecuada de las trampas. La instalación y operación de todo equipo de trapeo de vapor debe ser llevada a cabo únicamente por personal experimentado. La selección o la instalación siempre debe de ser basada en los consejos y recomendaciones técnicas de personal competente. Este Manual nunca debe de usarse como sustituto de dichos consejos o recomendaciones técnicas. Se recomienda que se ponga en contacto con Armstrong o con sus representantes locales para obtener más detalles al respecto.

Consideraciones Básicas

Trampeo Unitario se refiere al uso de trampas individuales en cada unidad condensadora de vapor, incluyendo, siempre que sea posible, cada calentador o serpentín que existe en cada máquina. La información que se presenta en la sección titulada "Cortocircuito" explica el porqué se prefiere trapeo unitario en vez de trapeo en grupo.

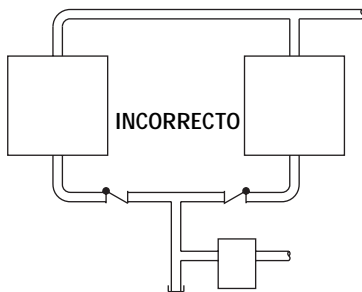


Figura 14-1. Dos unidades que usan vapor y drenadas por una sola trampa, lo que se llama Trampeo en Grupo, puede ocasionar cortocircuito.

Báse en Experiencia. Experiencias anteriores deben de usarse para ayudar en la selección de trampas. La experiencia puede ser propia, o basada en el conocimiento del representante de Armstrong, o basada en lo que otras gentes han aprendido al trapear equipos semejantes.

Selección Por Su Cuenta. La selección de trampas por uno mismo es fácil cuando se usa el Programa de Computadora No. 1 de Armstrong, "Especificación y Selección de Trampas de Vapor". Aún cuando no se tenga este programa de computadora, es fácil seleccionar las trampas de vapor cuando se conoce o se puede calcular la siguiente información:

1. Carga de condensado en kg/hr
2. El factor de seguridad a usar
3. La diferencia de presiones
4. La presión máxima permitida

1. Carga de condensado. Cada sección de "Cómo Trapear" en este Manual contiene fórmulas e información útil sobre los rangos de condensación de vapor y los procedimientos adecuados de selección de trampas.

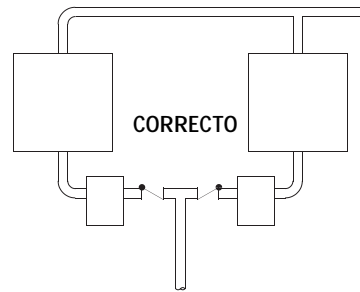


Figura 14-2. Cortocircuito es imposible cuando cada unidad es drenada mediante su propia trampa. Mayor eficiencia es garantizada.

2. Factor de Seguridad o de Experiencia a Usar. Usuarios se han dado cuenta que generalmente se debe de utilizar un Factor de Seguridad cuando se seleccionan trampas de vapor. Por ejemplo, para obtener los mejores resultados posibles, un serpentín condensando 300 kg/hr puede requerir de una trampa con capacidad de hasta 900 kg/hr. Este Factor de Seguridad de 3 sirve para satisfacer condiciones de flujo de condensado variable, caídas ocasionales de la presión diferencial, y factores del diseño propio del equipo.

Factores de Seguridad varían desde un mínimo de 1.5, hasta un máximo de 10. Los Factores de Seguridad proporcionados en este Manual están basados en años de experiencia.

La configuración afecta el Factor de Seguridad. El diseño de la unidad donde se usa el vapor es un factor más importante que la carga de condensado, o los cambios de presión en el sistema. Véanse las Figs. 14-3, 14-4 y 14-5 que muestran tres condensadores, cada uno produciendo 300 kg de condensado por hora, pero con Factores de Seguridad de 2, 3, y 8, respectivamente.

Cortocircuito

Cuando se tiene una sola trampa conectada a más de una tubería de descarga, es posible que el condensado y el aire de una o más de las unidades en operación no puedan llegar hasta la trampa. Cuando hay cualquier diferencia en las cantidades de condensado de cada unidad, se tendrá una diferencia en la caída de presión del vapor. Y una pequeña diferencia de presiones es suficiente para permitir que vapor de la unidad con presión más alta bloquee el flujo de aire y condensado de la unidad con presión más baja. El resultado final es una reducción en la capacidad de calentamiento y en la capacidad de condensados, y un desperdicio de combustible (Véase Figs. 14-1 y 14-2).

Cargas de Condensado Idénticas, Presiones Idénticas, y Factores de Seguridad Diferentes

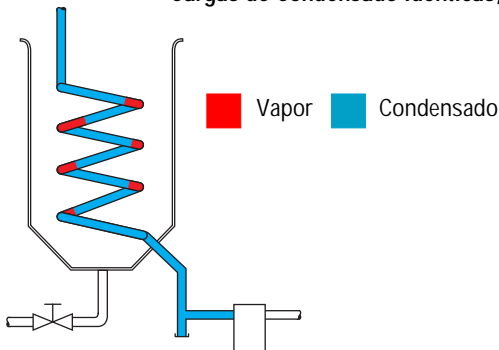


Figura 14-3. Serpentín continuo, presión constante en flujo por gravedad a la trampa. 300 kg/hr de condensado de un serpentín de bronce a 3 bar. Drenaje por gravedad a la trampa. Volumen muy bajo del vapor. Factor de Seguridad de 2.

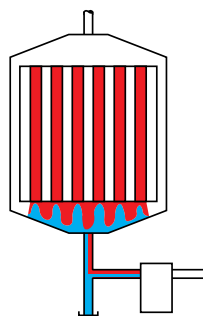


Figura 14-4. Tuberías múltiples, presión variable en flujo por gravedad a la trampa. 300 kg/hr de condensado de un calentador a 5 bar. Tubería múltiple disminuye el riesgo de cortocircuito. Úsese Factor de Seguridad de 3, a una presión de 2.5 bar.

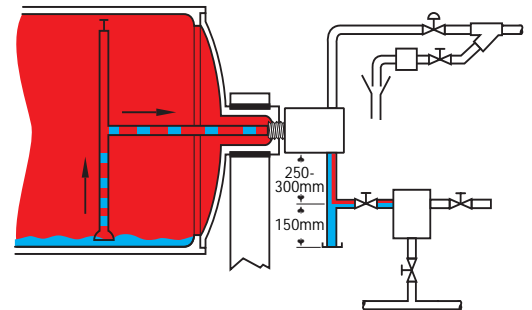


Figura 14-5. Tanque grande, drenado por sifón. 300 kg/hr en un tanque de 1.2 m de diámetro y 2.5 m de longitud, con 2.8 m³ de volumen a 2 bar. El Factor de Seguridad es de 3 con una trampa DC, y de 8 con una IB.

Selección de la trampa/orificio más económico. Un Factor de Seguridad adecuado es requerido para obtener el mejor rendimiento, pero un factor demasiado alto causa problemas. Además del costo más alto de la trampa y de su instalación, una trampa que se especifica demasiado grande se va a desgastar más rápido. Además, cuando la trampa llegue a fallar, las pérdidas de vapor son mayores, lo cual puede ocasionar golpe de ariete y alta contrapresión en el sistema de retorno.

3. Diferencia de presiones. *Diferencial Máximo* es la diferencia entre la presión de la caldera, o del cabezal de vapor, o a la salida de una válvula reguladora de presión, y la presión de la línea de retorno. Véase Fig. 15-1. Una trampa debe de ser capaz de abrir venciendo esta presión diferencial.

NOTE: Debido a que existe vapor flash en las líneas de retorno, no se debe contar una caída de la presión diferencial debido a un incremento en la elevación del sistema.

Diferencial de Operación. Cuando la planta está operando a toda capacidad, la presión del vapor a la entrada de la trampa puede ser menor que la presión del cabezal de vapor. Y la presión en el cabezal de retorno de condensado puede estar a presión mayor que la atmosférica.

Si el Diferencial de Operación es al menos un 80% del Diferencial Máximo, es seguro el usarel diferencial máximo para la selección de las trampas.

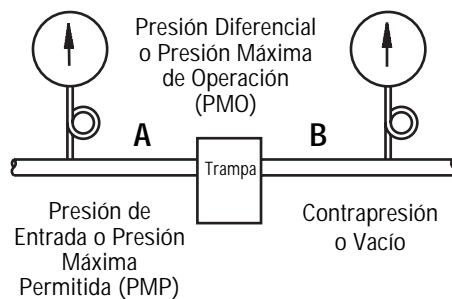


Figura 15-1. "A" menos "B" es la Presión Diferencial. Si "B" es contrapresión, se debe restar de "A". Si "B" es vacío, se debe sumar a "A".

Control variable de la alimentación de vapor causa grandes cambios en la presión diferencial. La presión en la unidad siendo drenada puede bajar hasta la presión atmosférica, o aún más bajo (vacío). Ésto no detiene el drenado del condensado siempre y cuando se sigan las recomendaciones para instalación dadas en este Manual.

IMPORTANTE: Se debe de leer la información a la derecha donde se habla de casos menos comunes, pero importantes, de reducción de la presión diferencial.

4. Máxima presión permitida. La trampa debe ser capaz de aguantar la máxima presión permitida en el sistema o la presión de diseño. Tal vez no sea necesario que opere a esta presión, pero debe ser capaz de aguantarla. Por ejemplo: si la máxima presión de entrada es 26 bar y la presión en la línea de retorno es 11 bar, ésto resulta en una presión diferencial de 15 bar, sin embargo, la trampa debe de aguantar la presión máxima posible de 26 bar. Véase Fig. 15-1.

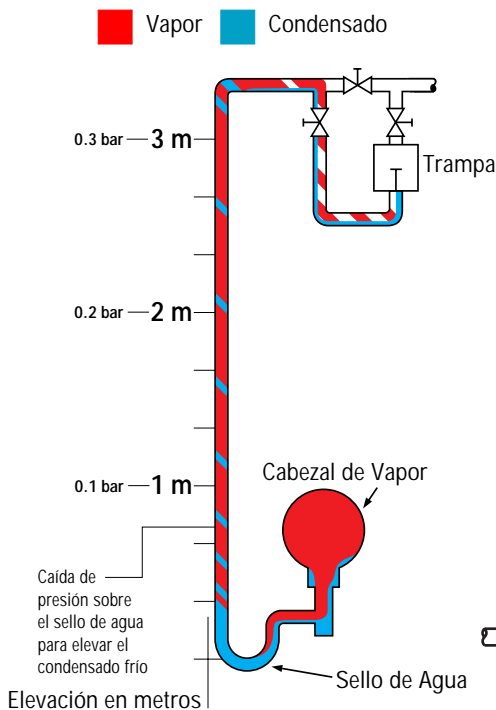


Figura 15-2. El condensado es elevado por sifón desde el punto de drenaje por gravedad hasta la trampa. Por cada 1 m de elevación se reduce la presión diferencial en 0.1 bar. Nótese el sello de agua en el nivel bajo y la válvula check interna de la trampa para prevenir que se regrese el flujo.

Factores Que Afectan la Presión Diferencial

A excepción de los casos en que fallan las válvulas reguladoras de presión, la presión diferencial usualmente varía en el rango bajo de la presión de diseño o la normal. Esto es típicamente ocasionado por cambios en la presión de entrada o en la de descarga.

La presión de entrada puede caer por debajo de su valor normal debido a:

1. Una válvula de control o un regulador de temperatura.
2. "Drenaje por sifón". Por cada metro de elevación entre el punto de drenaje y la trampa se reduce la presión de entrada (y la diferencial) en 0.1 bar. Véase Fig. 15-2.

La presión de descarga puede subir arriba de su valor normal debido a:

1. Fricción en la tubería.
2. Otras trampas descargando en una sistema de retorno de capacidad limitada.
3. Elevando el condensado. Por cada metro de elevación se incrementa la presión de descarga (y la diferencial) en 0.1 bar, si la descarga es solamente condensado. Sin embargo, cuando existe vapor flash, la contrapresión adicional puede reducirse hasta cero. Véase la Fig. 15-3, poniendo atención en la válvula check externa.

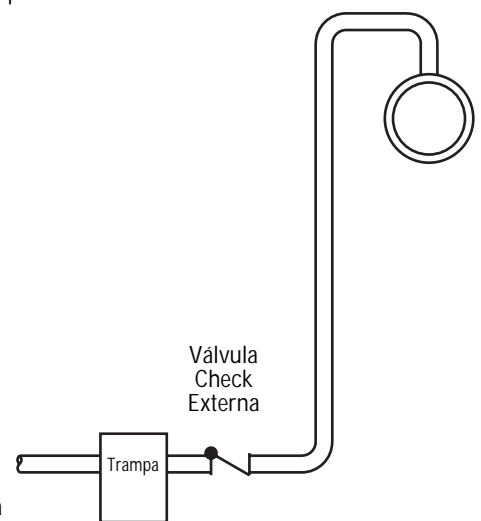


Figura 15-3. Cuando la válvula de la trampa se abre, la presión del vapor eleva al condensado. Por cada 1 m de elevación se reduce la presión diferencial en 0.1 bar.

Cómo Trampear Sistemas de Distribución de Vapor

Los sistemas de distribución de vapor conectan a las calderas con el equipo que en realidad utiliza el vapor. Estos sistemas de distribución transportan el vapor hasta cualquier sitio en la planta donde se necesita su energía calorífica.

Los tres componentes principales de un sistema de distribución de vapor son los cabezales, las tuberías principales, y los ramales. Cada componente cumple con ciertas funciones específicas en un sistema de vapor y, junto con los separadores y las trampas de vapor, contribuye al uso eficiente del vapor.

Piernas colectoras. Un aspecto común en todos los sistemas de distribución de vapor es la necesidad de tener piernas colectoras a ciertos intervalos en las tuberías (Fig. 16-1). Sus funciones son:

1. Dejar que el condensado sea drenado, por gravedad, del vapor fluyendo a alta velocidad.
2. Colectar el condensado hasta que la presión diferencial sea suficiente para descargarlo a través de una trampa de vapor.

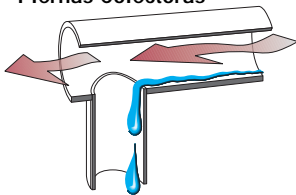
Cabezales de las Calderas

Un cabezal de vapor es una clase especial de tubería de distribución porque puede recibir vapor de una o

varias calderas al mismo tiempo. Lo más común es que sea una tubería horizontal a la que se le alimenta el vapor por la parte superior, y al mismo tiempo se alimentan las tuberías principales de distribución. Es importante trampear el cabezal de forma correcta para asegurarse que cualquier substancia indeseable (agua de la caldera y/o partículas) será removida del vapor antes de que sea distribuido.

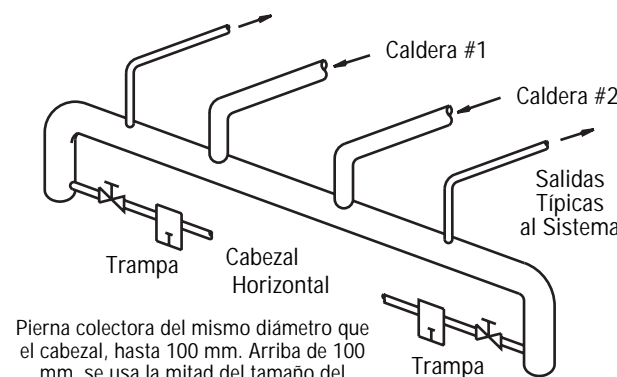
Las trampas de vapor que le dan servicio al cabezal deben ser capaces de descargar grandes cantidades de condensado y partículas en forma instantánea. Resistencia al impacto hidráulico debe ser otro factor importante al seleccionar el tipo de la trampa.

Figura 16-1. Especificación de las Piernas Colectoras



Una pierna colectoras del tamaño adecuado puede recoger todo el condensado en la línea. En una pierna colectoras demasiado pequeña se produce el efecto de "venturi pequeño" donde la caída de presión succiona al condensado fuera de la trampa. Véase Tabla 18-1.

Figura 16-2. Cabezales de Vapor



Pierna colectoras del mismo diámetro que el cabezal, hasta 100 mm. Arriba de 100 mm, se usa la mitad del tamaño del cabezal, pero nunca menos de 100 mm.

Selección de trampa y factor de seguridad para cabezales de vapor (sólo para vapor saturado).

Un factor de seguridad de 1.5 es recomendado para prácticamente cualquier cabezal de vapor. La capacidad requerida para la trampa se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

Capacidad Requerida para la Trampa = Factor de Seguridad x Carga Conectada a la(s) x Caldera(s) x Acarreo Anticipado (típicamente 10%).

EJEMPLO: ¿Qué tamaño de trampa de vapor se requerirá para un cabezal con una carga conectada de 20,000 kg/hr y un acarreo anticipado del 10%?

Utilizando la fórmula:
Capacidad Requerida para la Trampa = $1.5 \times 20,000 \times 0.1 = 3,000 \text{ kg/hr}$

La capacidad de responder inmediatamente a la acumulación de condensado, la excelente resistencia a impacto hidráulico, la capacidad de lidiar con partículas, y el funcionamiento eficiente a bajas cargas son las características que hacen al Balde Invertido (IB) la mejor opción de trampa de vapor para esta aplicación.

Instalación. Si el flujo del vapor en el cabezal es únicamente en una sola dirección, entonces una sola trampa de vapor es necesaria en el extremo de salida del cabezal. Cuando se tiene alimentación de vapor a la mitad del cabezal (Fig. 16-2), o se tiene flujo del vapor en el cabezal en ambas direcciones, cada extremo del cabezal necesita ser trampeado.

Tabla de Recomendaciones (Referirse a la Tabla en la contraportada B para información sobre los "CÓDIGOS").

| Equipo Siendo Trampeado | 1era Opción y Códigos | Otras Opciones |
|-------------------------|-----------------------------|----------------|
| Cabezal de Vapor | IBLV M, E, L, N, B, Q | *F&T |

* Nunca se debe de usar una trampa tipo F&T con vapor sobrecalentado. Siempre se debe de usar una IB con válvula check interna, y con válvula y asiento pulidos.

| Equipo Siendo Trampeado | 1era Opción, Códigos y Alternativa(s) | 0 - 2 bar | Arriba de 2 bar |
|---|---------------------------------------|-------------------|-------------------|
| Tuberías Principales y Ramales. Condiciones Sin congelamiento | B, M, N, L, F, E, C, D, Q | *IB | *IB |
| | Otras Opciones | F&T | **F&T |
| Tuberías Principales y Ramales. Condiciones de congelamiento | B, C, D, E, F, L, M, N, Q, J | *IB | *IB |
| | Otras Opciones | Termostática o CD | Termostática o CD |

* Especificar válvula check interna cuando la presión fluctúa.

** Usar IBLV arriba de los límites de presión y temperatura de las F&T.

NOTA: Con vapor sobrecalentado se especifica una IB con válvula check interna y con válvula y asiento pulidos.

Tuberías Principales

Uno de los usos más comunes para las trampas de vapor es el trampeo de las tuberías principales de vapor. Estas tuberías se deben de mantener libres de aire y de condensado para poder garantizar que el equipo que utiliza el vapor estará trabajando en forma eficiente. Un trampeo inadecuado en las tuberías principales de vapor muy frecuentemente ocasiona que se tenga golpe de ariete y acumulación de condensado, lo cual puede dañar las válvulas de control y otros equipos.

Existen dos métodos comunes para precalentar las tuberías principales de vapor: el supervisado y el automático. El Precalentamiento Supervisado es bastante aceptable para el calentamiento inicial de tuberías de diámetro grande y/o de gran longitud. En este método se recomienda que antes de que el vapor fluya por la tubería principal, se abran completamente las válvulas de las piernas colectoras para que el vapor escape a la atmósfera. Las válvulas de las piernas colectoras se cierran hasta que todo, o casi todo, el condensado del precalentamiento haya sido descargado. Después de ésto, las

trampas se encargan de remover el condensado que se puede generar en operación normal del equipo. Se sigue un procedimiento similar para el precalentamiento del sistema de tuberías principales en una planta de energía.

Precalentamiento Automático es cuando se enciende la caldera y se deja que las tuberías principales y algunos, o todos, de los equipos alcancen la temperatura y presión de operación sin intervención manual o supervisión.

PRECAUCIÓN: Independientemente del método de precalentamiento se debe de dar suficiente tiempo durante el ciclo de precalentamiento para minimizar los esfuerzos térmicos y prevenir posible daño al sistema.

Selección de trampas y factor de seguridad para tuberías principales (sólo para vapor saturado). Las trampas se deben de seleccionar para que descarguen el condensado producido por pérdidas de radiación durante la operación normal del equipo. Si se seleccionan basado en la carga de arranque, se tendrán trampas demasiado grandes que se desgastarán

prematuramente. Las piernas colectoras se deben calcular con base en la colección de condensado durante las condiciones de baja presión del precalentamiento. (Véase Tabla 18-1). Las cargas de condensado en una tubería aislada térmicamente se pueden obtener de la Tabla 17-1. Todos los valores en esta tabla presuponen una eficiencia del aislamiento del 75%. Para presiones o diámetros de la tubería no incluidos en la tabla se puede usar la siguiente fórmula:

$$C = \frac{A \times U \times (t_1 - t_2) \times E}{H}$$

Donde:

C = Condensado en kg/hr/m

A = Área exterior de la tubería en metros cuadrados. (Tabla 17-1, columna 2)

U = kJ/hr·m²·°C de la Gráfica 17-1.

t₁ = Temperatura del vapor, en °C

t₂ = Temperatura del aire, en °C

E = 1 menos la eficiencia del aislamiento térmico. (Ejemplo: eficiencia de aislamiento del 75%: 1 - 0.75 = 0.25, o sea E = 0.25)

H = Calor latente del vapor. (Ver Tablas de Vapor en la página 2)

Tabla 17.1 Condensación en Tuberías Aisladas que Llevan Vapor Saturado en Aire sin Mover a 21°C (Se supone una eficiencia térmica del 75%)

| Tamaño de Tubo (in) | Presión, bar(g) | | | | | | | | | |
|---------------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|
| | 1 | 2 | 4 | 8 | 12 | 16 | 32 | 40 | 60 | |
| 0.5 | 0.04 | 0.05 | 0.07 | 0.09 | 0.10 | 0.12 | 0.17 | 0.19 | 0.25 | |
| 0.75 | 0.05 | 0.06 | 0.08 | 0.11 | 0.13 | 0.14 | 0.21 | 0.23 | 0.30 | |
| 1 | 0.06 | 0.08 | 0.10 | 0.13 | 0.15 | 0.18 | 0.25 | 0.29 | 0.37 | |
| 1.25 | 0.08 | 0.09 | 0.12 | 0.16 | 0.19 | 0.22 | 0.31 | 0.35 | 0.45 | |
| 1.5 | 0.09 | 0.11 | 0.13 | 0.18 | 0.21 | 0.24 | 0.35 | 0.40 | 0.51 | |
| 2 | 0.11 | 0.13 | 0.16 | 0.22 | 0.26 | 0.30 | 0.43 | 0.48 | 0.63 | |
| 2.5 | 0.13 | 0.15 | 0.19 | 0.26 | 0.31 | 0.35 | 0.50 | 0.57 | 0.75 | |
| 3 | 0.15 | 0.18 | 0.23 | 0.30 | 0.37 | 0.42 | 0.60 | 0.69 | 0.89 | |
| 3.5 | 0.17 | 0.20 | 0.26 | 0.34 | 0.41 | 0.47 | 0.68 | 0.78 | 1.01 | |
| 4 | 0.19 | 0.23 | 0.29 | 0.38 | 0.46 | 0.52 | 0.76 | 0.86 | 1.12 | |
| 5 | 0.23 | 0.27 | 0.35 | 0.46 | 0.56 | 0.64 | 0.92 | 1.05 | 1.36 | |
| 6 | 0.27 | 0.32 | 0.41 | 0.54 | 0.65 | 0.75 | 1.08 | 1.23 | 1.60 | |
| 8 | 0.34 | 0.41 | 0.52 | 0.69 | 0.83 | 0.95 | 1.38 | 1.57 | 2.05 | |
| 10 | 0.41 | 0.50 | 0.63 | 0.84 | 1.02 | 1.16 | 1.69 | 1.93 | 2.51 | |
| 12 | 0.48 | 0.58 | 0.74 | 0.98 | 1.19 | 1.36 | 1.98 | 2.26 | 2.95 | |
| 14 | 0.52 | 0.63 | 0.81 | 1.07 | 1.30 | 1.48 | 2.16 | 2.46 | 3.22 | |
| 16 | 0.59 | 0.72 | 0.91 | 1.21 | 1.47 | 1.68 | 2.44 | 2.79 | 3.65 | |
| 18 | 0.66 | 0.80 | 1.02 | 1.35 | 1.64 | 1.87 | 2.73 | 3.12 | 4.08 | |
| 20 | 0.72 | 0.88 | 1.12 | 1.49 | 1.80 | 2.07 | 3.01 | 3.44 | 4.50 | |
| 24 | 1.04 | 1.25 | 1.59 | 2.10 | 2.52 | 2.88 | 4.14 | 4.72 | 6.12 | |

Con base en el programa "3Eplus", versión 2.11, de la Asociación de Fabricantes de Aislamiento en Norteamérica (NAIMS), siguiendo el método descrito en ASTM C680

Gráfica 17-1. Curvas para Pérdidas de Calor

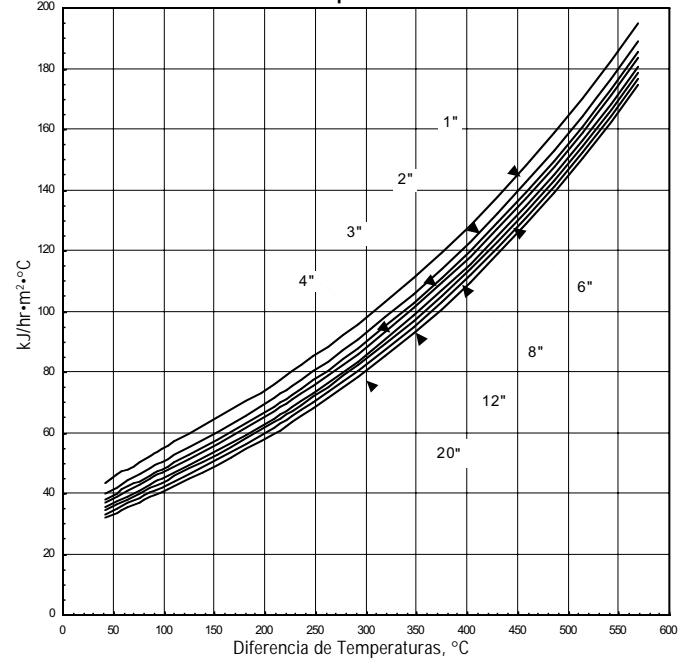


Tabla 17-2. La Carga al Precalentar Desde 21°C, Tubería Cédula 40

| Tamaño de Tubo (in) | Presión del Vapor, bar(g) | | | | | | | |
|---------------------|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|
| | 0.1 | 1 | 2 | 4 | 8 | 12 | 16 | |
| 1 | 0.044 | 0.054 | 0.062 | 0.075 | 0.091 | 0.104 | 0.114 | |
| 1.25 | 0.059 | 0.073 | 0.084 | 0.100 | 0.123 | 0.140 | 0.154 | |
| 1.5 | 0.070 | 0.087 | 0.101 | 0.120 | 0.147 | 0.167 | 0.184 | |
| 2 | 0.094 | 0.117 | 0.135 | 0.161 | 0.197 | 0.224 | 0.247 | |
| 2.5 | 0.149 | 0.186 | 0.214 | 0.255 | 0.313 | 0.356 | 0.392 | |
| 3 | 0.195 | 0.243 | 0.280 | 0.334 | 0.409 | 0.465 | 0.513 | |
| 3.5 | 0.235 | 0.292 | 0.337 | 0.402 | 0.492 | 0.560 | 0.617 | |
| 4 | 0.278 | 0.346 | 0.399 | 0.476 | 0.583 | 0.663 | 0.731 | |
| 5 | 0.377 | 0.469 | 0.540 | 0.645 | 0.789 | 0.899 | 0.990 | |
| 6 | 0.489 | 0.608 | 0.701 | 0.836 | 1.02 | 1.17 | 1.28 | |
| 8 | 0.736 | 0.915 | 1.06 | 1.26 | 1.54 | 1.75 | 1.93 | |
| 10 | 1.04 | 1.30 | 1.50 | 1.78 | 2.19 | 2.49 | 2.74 | |
| 12 | 1.38 | 1.72 | 1.98 | 2.36 | 2.89 | 3.29 | 3.63 | |
| 14 | 1.62 | 2.02 | 2.33 | 2.78 | 3.40 | 3.87 | 4.27 | |
| 16 | 2.14 | 2.66 | 3.07 | 3.66 | 4.48 | 5.10 | 5.62 | |
| 18 | 2.71 | 3.37 | 3.88 | 4.63 | 5.67 | 6.45 | 7.11 | |
| 20 | 3.17 | 3.94 | 4.55 | 5.42 | 6.64 | 7.56 | 8.33 | |
| 24 | 4.41 | 5.48 | 6.32 | 7.54 | 9.23 | 10.51 | 11.58 | |

Tabla 17-3. Peso de Tubería por Metro, en Kilos

| Tamaño de Tubo, in | Diámetro Exterior, mm | Superficie m² / m | Peso de Tubería, kg/m | | |
|--------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|--------------|--------------|
| | | | Cédula 40 | Cédula 80 | Cédula 160 |
| 1 | 33.4 | 0.105 | 2.51 | 3.23 | 4.24 |
| 1.25 | 42.2 | 0.132 | 3.38 | 4.46 | 5.59 |
| 1.5 | 48.3 | 0.152 | 4.05 | 5.40 | 7.23 |
| 2 | 60.3 | 0.190 | 5.43 | 7.47 | 11.08 |
| 2.5 | 73.0 | 0.229 | 8.61 | 11.40 | 14.89 |
| 3 | 88.9 | 0.279 | 11.26 | 15.25 | 21.31 |
| 3.5 | 101.6 | 0.319 | 13.55 | 18.61 | — |
| 4 | 114.3 | 0.359 | 16.05 | 22.29 | 33.63 |
| 5 | 141.3 | 0.444 | 21.75 | 30.92 | 49.04 |
| 6 | 168.3 | 0.529 | 28.23 | 42.51 | 67.4 |
| 8 | 219.1 | 0.688 | 42.48 | 64.56 | 111.1 |
| 10 | 273.1 | 0.858 | 60.23 | 81.45 | 173 |
| 12 | 323.9 | 1.017 | 79.8 | 131.8 | 240 |
| 14 | 355.6 | 1.117 | 94 | 159 | 283 |
| 16 | 406.4 | 1.277 | 123 | 204 | 365 |
| 18 | 457.2 | 1.436 | 156 | 254 | 460 |
| 20 | 508.0 | 1.596 | 183 | 311 | 564 |
| 24 | 609.6 | 1.915 | 254 | 442 | 806 |

Para las trampas que se instalan entre la caldera y el final de la tubería, aplíquese un factor de seguridad de 2. Se aplica un factor de seguridad de 3 para trampas instaladas al final de las tuberías, o antes de las válvulas reguladoras y de cierre que están cerradas por ciertos períodos de tiempo.

Divida la carga de precalentamiento de la Tabla 17-2 entre el número de minutos que se permiten para llegar a la temperatura final del vapor. Multiplíquese por 60 para obtener kilos por hora.

Para presiones de vapor y cédulas de tubería que no se incluyen en la Tabla 17-2 se puede usar la siguiente fórmula para calcular la carga de precalentamiento:

$$C = \frac{W \times (t_1 - t_2) \times 0.477}{H}$$

Donde:

C = Cantidad de condensado, en kg

W = Peso total de la tubería, en kg

(Ver Tabla 17-3 para pesos de tuberías)

t₁ = Temperatura final de la tubería, en °C

t₂ = Temperatura inicial de la tubería, en °C

0.477 = Calor específico de la tubería de acero, en kJ/kg·°C

H = Calor latente del vapor a la temperatura final, en kJ/kg (ver Tablas del Vapor)

Una opción algo conservadora sería: calcular la carga de precalentamiento para llegar a 103.9°C ó 0.14 bar. Dividir entre el número de minutos permitido para llegar a esa temperatura y multiplíquese por 60, para obtener kilogramos por hora. Se debe seleccionar la trampa en base a un diferencial de presión de 0.07 bar por cada 0.71 m de altura entre la parte baja de la tubería principal y la parte superior de la trampa.

La trampa de Balde Invertido (IB) es la recomendada para esta aplicación porque puede lidiar con suciedad y condensado acumulado, y resiste impacto hidráulico. Además, en caso de que el balde invertido llegase a fallar, lo hace en la posición abierta.

Instalación. Los dos métodos de precalentamiento usan piernas colectoras y

trampas en ubicaciones a niveles bajos o puntos de drenado natural, tales como:

- Antes de elevadores
- Al final de tuberías
- Antes de juntas de expansión o curvaturas
- Antes de válvulas o reguladores

Se deben de instalar piernas colectoras y trampas aún cuando no se tengan puntos de drenado natural (Véase Figs. 18-1, 18-2 y 18-3). Estos elementos se deben de instalar normalmente a intervalos de 90 m, pero nunca a más de 150 m.

Con Precalentamiento Supervisado, se deben de usar piernas colectoras con longitud igual a 1.5 veces el diámetro de la tubería, pero nunca de menos de 250 mm. Con Precalentamiento Automático las piernas colectoras deben de ser de al menos 700 mm de longitud. En ambos casos es buena idea el utilizar piernas colectoras del mismo diámetro que el de las tuberías, hasta tuberías de 100 mm; para tamaños mayores se utilizan de la mitad del tamaño del tubo, pero nunca un tamaño menor a 100 mm (Véase Tabla 18-1).

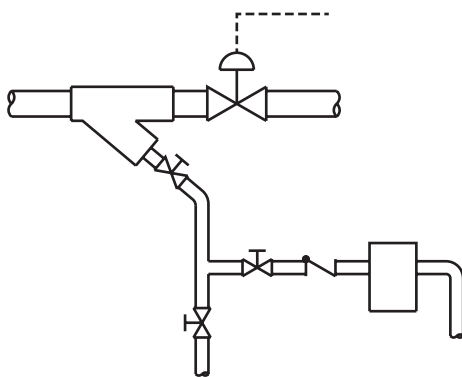


Figura 18-1. Trampa drenando el filtro antes de una válvula reguladora.

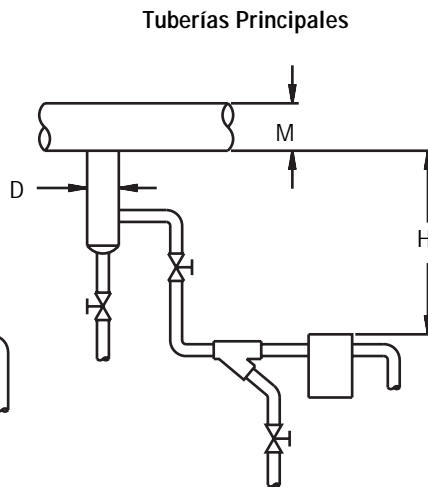


Figura 18-2. Trampa drenando una pierna colectora en tubería principal.

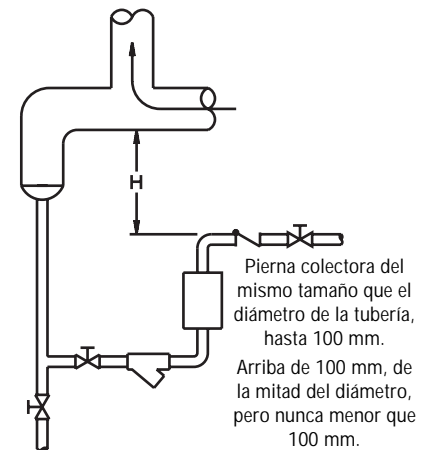


Figura 18-3. Trampa drenando una pierna colectora en ramal hacia arriba. La distancia "H", en m, dividida entre 10 es igual a la presión estática (bar) para forzar el agua a través de la trampa.

Tabla de Recomendaciones (Referirse a la Tabla en la contraportada B para información sobre los "CÓDIGOS").

| Equipo Siendo Trampeado | 1era Opción y Códigos | Otras Opciones |
|-------------------------|--------------------------------|----------------|
| Separador de Vapor | IBLV B, M, L, E, F, N, Q | *DC |

* La DC es la primera opción cuando la calidad de vapor es de 90%, o menos.

Tabla 18-1. Dimensiones Recomendadas para Piernas Colectoras en Tuberías Principales y Ramales.

| Tamaño de Tubería | M | | D | | H | |
|-------------------|-----------|------------|-----------|------------|--|-----------------------------|
| | mm | in | mm | in | Longitud Mínima de Pierna Colectora (mm) | |
| | | | | | Precalentamiento Supervisado | Precalentamiento Automático |
| 15 | 1/2 | 15 | 1/2 | 250 | 710 | |
| 20 | 3/4 | 20 | 3/4 | 250 | 710 | |
| 25 | 1 | 25 | 1 | 250 | 710 | |
| 50 | 2 | 50 | 2 | 250 | 710 | |
| 80 | 3 | 80 | 3 | 250 | 710 | |
| 100 | 4 | 100 | 4 | 250 | 710 | |
| 150 | 6 | 100 | 4 | 250 | 710 | |
| 200 | 8 | 100 | 4 | 300 | 710 | |
| 250 | 10 | 150 | 6 | 380 | 710 | |
| 300 | 12 | 150 | 6 | 460 | 710 | |
| 350 | 14 | 200 | 8 | 535 | 710 | |
| 400 | 16 | 200 | 8 | 610 | 710 | |
| 450 | 18 | 250 | 10 | 685 | 710 | |
| 500 | 20 | 250 | 10 | 760 | 760 | |
| 600 | 24 | 300 | 12 | 915 | 915 | |

Ramales de Tubería

Los ramales son las tuberías que salen de las tuberías principales de vapor y llevan al vapor hacia el equipo que lo utiliza. El sistema completo debe de ser diseñado y conectado de forma que se evite la acumulación de condensado en cualquier punto del sistema.

Selección de trampas y factor de seguridad para ramales de tubería de vapor. La fórmula para el cálculo de la carga de condensado es la misma que la usada para tuberías principales de vapor. Para ramales de tuberías de vapor también se recomienda un factor de seguridad de 3.

Instalación. El arreglo del sistema de tuberías, de la tubería principal al elemento de control, recomendado para cuando se tienen desviaciones de menos de 3 m es mostrado en la Fig. 19-1, y en la Fig. 19-2 para desviaciones de más de 3 m. Véase la Fig. 19-3 para sistemas de tuberías donde la válvula de control debe de estar a un nivel menor que la tubería principal.

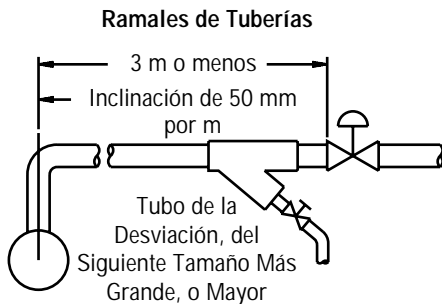


Figura 19-1. Tubería para desviación de menos de 3 m. No se necesita trampa a sólo que la inclinación desde el cabezal de alimentación sea de menos de 50 mm por m.

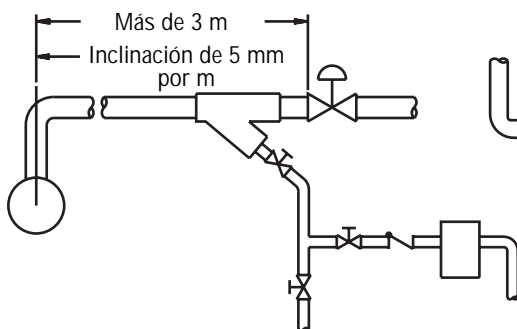


Figura 19-2. Tubería para desviaciones mayores de 3 m. Una pierna colectora y una trampa se necesitan antes de la válvula de control. Un filtro antes de la válvula de control puede servir como pierna colectora si la línea de escape pasa por una trampa de balde invertido. Esto también minimiza el problema de limpiar el filtro. La trampa debe de especificarse con una válvula check interna, o se debe instalar una válvula check de puerta antes de la trampa.

Instátese un filtro del tamaño de la tubería antes de cada válvula de control, así como también antes de la válvula reguladora de presión (PRV), si es que existe una. Instátese una válvula de escape, preferiblemente con una trampa IB (de Balde Invertido). A los pocos días de haber arrancado el sistema se debe de checar la malla del filtro para limpiarla en caso de que sea necesario.

Separadores

Los separadores de vapor están diseñados para remover cualquier condensado que se forme en un sistema de distribución de vapor. Los separadores son usualmente instalados antes del equipo donde es particularmente necesario que se tenga vapor seco. También son típicos en tuberías de vapor secundario, debido a que por su misma naturaleza tienen un gran porcentaje de condensado que ha sido separado.

Factores importantes en la selección de trampas para separadores son la habilidad de descargar acumulación de condensado, proveer buena resistencia contra impacto hidráulico, y operar con cargas ligeras.

Selección de trampas y factor de seguridad para separadores. Úsese un factor de seguridad de 3 en todos los casos; aún cuando se recomienden, en base a la carga de condensado y a la presión de operación, diferentes tipos de trampas.

La siguiente fórmula se puede usar para calcular la capacidad requerida para la trampa:

Capacidad requerida para la trampa (kg/hr) = Factor de Seguridad x Flujo de vapor (kg/hr) x Porcentaje estimado de condensado (típicamente de 10% a 20%).

EJEMPLO: ¿Qué tamaño de trampa de vapor se requerirá para un flujo de 500 kg/hr? Usando la fórmula:

Capacidad requerida para la trampa = $3 \times 500 \times 0.10 = 150 \text{ kg/hr}$.

La trampa de Balde Invertido con un venteador grande (IBLV) es la que se recomienda para los separadores. La trampa tipo F&T es una alternativa válida si la suciedad y el impacto hidráulico no son un problema grande.

Un Controlador Automático Diferencial de Condensado (DC) puede ser preferido para ciertos casos. Combina las mejores características de las dos recomendaciones anteriores y es recomendado para grandes cargas de condensado, especialmente si se excede la capacidad del separador.

Instalación

Conéctense las trampas a la línea de drenaje del separador, a unos 250 a 300 mm debajo del separador. La tubería de drenado debe ser del mismo tamaño que el especificado en la conexión del separador, y va hasta la salida a la trampa (Fig. 19-4). El tubo del drenaje y el colector de suciedad deben de ser del mismo tamaño que la conexión del drenaje.

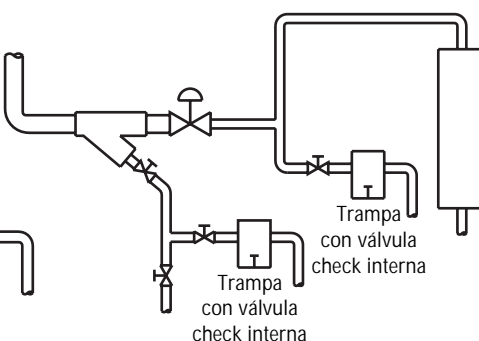


Figura 19-3. Independientemente de la longitud de la desviación, una pierna colectora y una trampa se necesitan antes de la válvula de control ubicada más abajo que la tubería principal de vapor. Si el serpentín está más arriba que la válvula de control, una trampa también se debe de instalar a la salida de la válvula de control.

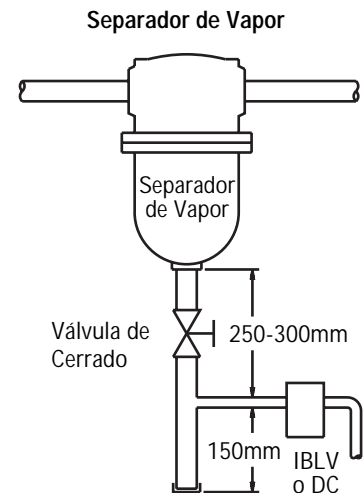


Figura 19-4. Drenado a la salida del separador. Una pierna colectora y un colector de suciedad, del mismo tamaño que la tubería, son necesarios para asegurar un flujo positivo y rápido del condensado a la trampa.

Cómo Trampear Venas de Vapor

Las venas de vapor están diseñadas para mantener el fluido en una tubería a una cierta temperatura uniforme. En la mayoría de los casos, las venas de vapor se usan en tuberías a la intemperie, donde es importante que se tomen en cuenta las condiciones climatológicas.

El objetivo principal de instalar trampas de vapor en las venas de vapor es el de poder retener el vapor en la tubería hasta que todo su calor latente sea utilizado, y entonces descargar el condensado y los gases no-condensables. Como es el caso con cualquier equipo de transferencia de calor, cada vena de vapor debe de tener su propia trampa; aún cuando se tengan instaladas varias venas de vapor a partir de la misma tubería principal. Trampeo unitario es necesario para evitar cortocircuito. Véase página 14.

Cuando se seleccionan y especifican trampas de vapor es importante que se tome en cuenta su compatibilidad con los objetivos del sistema, debido a que las trampas deben de:

1. Conservar energía al operar de forma confiable por largos períodos de tiempo.
2. Ofrecer descargas periódicas para purgar el condensado y el aire de las tuberías.
3. Operar bajo condiciones de carga ligera.
4. Resistir daños debido a congelamiento cuando se cierra el suministro de vapor.

Dado el costo del vapor, cualquier vena de vapor ineficiente resulta en una carga económica exorbitante, que pocas compañías pueden pagar o justificar.

Selección de Trampas para Venas de Vapor. La carga de condensado que debe de manejarse en una vena de vapor se puede calcular basado en la pérdida de calor en la tubería con el producto. Se puede usar la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{L \times U \times S \times \Delta T \times E}{H}$$

Donde:

Q = Carga de condensado, kg/hr

L = Distancia de tubería de producto entre trampas de las venas, en m

U = Factor de transferencia de calor, en kJ/hr·m²·°C (de la Gráfica 21-1)

ΔT = Diferencia de temperaturas, en °C

E = 1 menos la eficiencia del aislamiento térmico (ejemplo: eficiencia de aislamiento del 75%: 1 - 0.75 = 0.25, o sea E = 0.25)

S = Surface area of pipe per linear meter (de la Tabla 17-3)

H = Calor latente del vapor, en kJ/kg (de las Tablas del Vapor, página 2)

Instalaciones Típicas en Venas de Vapor

Figura 20-1.

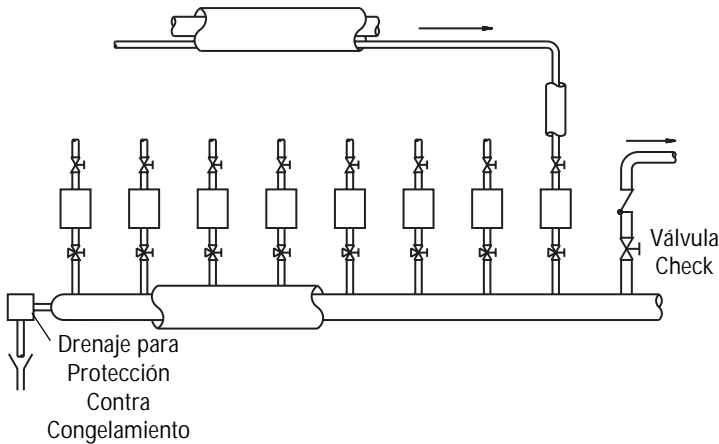


Figura 20-2.

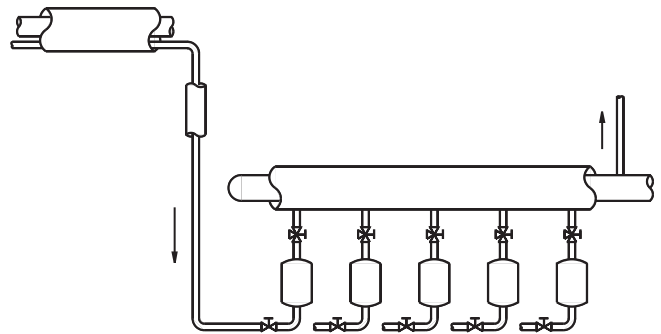


Tabla 20-1. Tabla para Conversión de Tamaños de Tuberías. (Dividarse los metros lineales de tubería entre el factor correspondiente al tamaño y tipo de tubería, y se obtendrá la superficie)

| Tamaño de Tubo in | Diámetro Exterior Real, mm | | Longitud/Area, m/m ² | |
|-------------------|----------------------------|-------------------|---------------------------------|---------------|
| | Tubo de Acero | Tubo de Cobre (1) | Tubo de Acero | Tubo de Cobre |
| 1/2 | 21.3 | 15.9 | 14.92 | 20.05 |
| 3/4 | 26.7 | 22.2 | 11.94 | 14.32 |
| 1 | 33.4 | 28.6 | 9.53 | 11.14 |
| 1 1/4 | 42.2 | 34.9 | 7.55 | 9.11 |
| 1 1/2 | 48.3 | 41.3 | 6.60 | 7.71 |
| 2 | 60.3 | 54.0 | 5.28 | 5.90 |
| 2 1/2 | 73.0 | 66.7 | 4.36 | 4.77 |
| 3 | 88.9 | 79.4 | 3.58 | 4.01 |
| 3 1/2 | 101.6 | 92.1 | 3.13 | 3.46 |
| 4 | 114.3 | 104.8 | 2.78 | 3.04 |
| 5 | 141.3 | 130.2 | 2.25 | 2.45 |
| 6 | 168.3 | 155.6 | 1.89 | 2.05 |
| 8 | 219.1 | 206.4 | 1.45 | 1.54 |
| 10 | 273.1 | 257.2 | 1.17 | 1.24 |
| 12 | 323.9 | 308.0 | 0.98 | 1.03 |

Tabla de Recomendaciones (Referirse a la Tabla en la contraportada B para información sobre los "CÓDIGOS").

| Equipo Siendo Trampeado | 1era Opción y Códigos | Otras Opciones |
|-------------------------|----------------------------------|-------------------|
| Venas de Vapor | *IB A, B, C, L, J, N, I, K | Termostática o CD |

* Seleccione un orificio de la trampa de 2 mm (5/64") para conservar energía y evitar que se tape con basura y sarro.

EJEMPLO: Tres venas de vapor a una presión del vapor de 7 bar se usan en una tubería de 500 mm de diámetro, y 30 m de longitud. La tubería está aislada para mantener una temperatura de 90°C con una temperatura de diseño del medio ambiente de -20°C. Supóngase que el aislamiento de la tubería tiene una eficiencia del 75%. ¿Cuál es la carga de condensado?

Usando la fórmula:

$$Q = \frac{30\text{m} \times 42 \text{ kJ/hr}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C} \times 1.596 \text{ m}^2/\text{m} \times 110^\circ\text{C} \times 0.25}{2048 \text{ kJ/kg}} = 27 \text{ kg/hr}$$

Ahora se divide entre tres para obtener la carga de condensado por cada vena de vapor, igual a 9 kg/hr.

En la mayoría de las venas de vapor el flujo en la trampa de vapor es bastante bajo, por lo tanto la trampa más pequeña es usualmente suficiente. Debido a su capacidad para conservar energía al operar de forma confiable por largos periodos de tiempo, su resistencia al congelamiento, y su sistema de purgado, la trampa de Balde Invertido (IB) es la que se recomienda para ser instalada en venas de vapor.

Factor de seguridad. Úsese un factor de seguridad de 2, independientemente de que se esté expuesto a las condiciones ambientales o no. No se deben de sobre seleccionar las trampas o las venas de vapor. Selecciónese un orificio de la trampa de 2 mm (5/64") para conservar energía y evitar que se tape con basura y sarro.

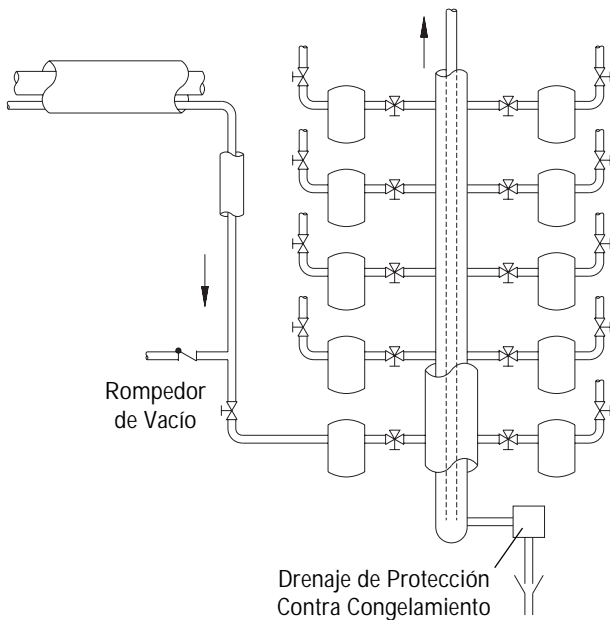
Instalación

Las tuberías de distribución o de alimentación deben de ser instaladas más arriba que las tuberías del producto que requieran las venas de vapor. Asimismo, para un drenado eficiente del condensado y un buen purgado de los no-condensables, las venas de vapor deben de tener una cierta inclinación para que exista drenado por gravedad, y las trampas deben de estar en puntos de nivel bajo. Esta práctica también ayuda a evitar congelamiento de las venas de vapor. (Véanse Figs. 20-1, 20-2 y 21-1)

Para conservar energía, el condensado se debe de regresar a la caldera. Se deben de usar rompedores de vacío inmediatamente antes de las trampas para asegurar que se tenga drenado cuando se cierran los sistemas de drenaje por gravedad. Cuando se tengan condiciones ambientales bastante frías, se recomienda que se instale un drenaje de protección contra congelamiento en el cabezal de descarga de las trampas.

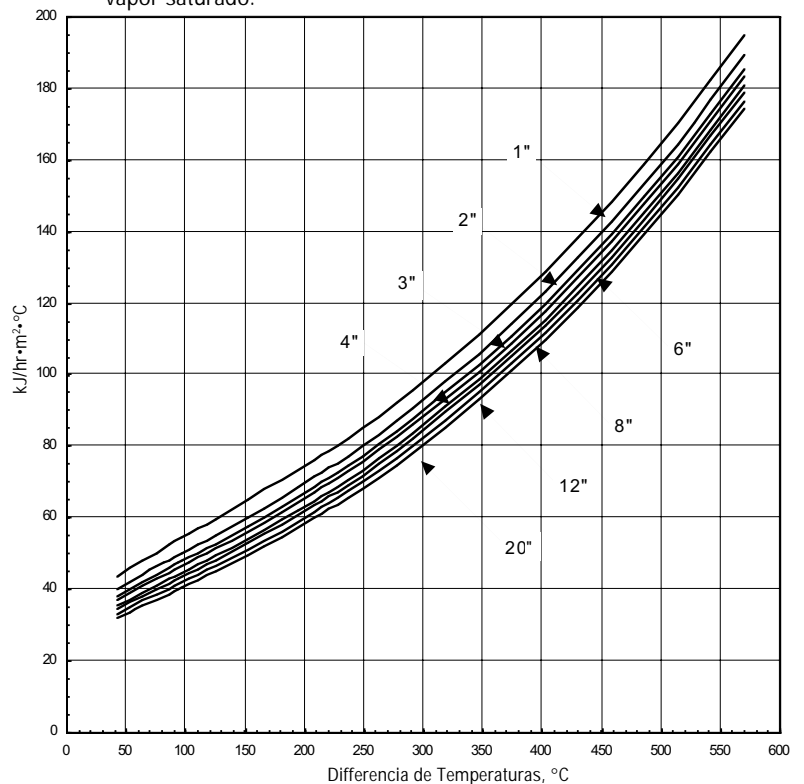
Instalación Típica en Venas de Vapor

Figura 21-1.



Gráfica 21-1. Curvas para Pérdidas de Calor

Unidades de calor perdidas por unidad de área en tubos sin aislamiento de varios diámetros (y para superficies planas) en aire sin mover a 23.9°C para varias diferencias de presión o temperatura del vapor saturado.



Cómo Trampear Equipo de Calefacción

Equipos de calefacción, que incluye unidades de radiación, unidades de manejo de aire y tubos serpentín, son utilizados en prácticamente todas las industrias. Este tipo de equipo es bastante básico y debe de requerir de muy poco servicio de mantenimiento. Por lo tanto, las trampas de vapor usualmente son olvidadas por largos períodos de tiempo. Y uno de los problemas ocasionados por ese olvido es la acumulación de condensado en los serpentines del calentador, lo cual puede resultar en daño por congelamiento, por corrosión, o por golpe de ariete.

Selección de Trampas y Factores de Seguridad

Las condiciones de operación del equipo, principalmente las condiciones ya sean a presión constante o variable, definen que tipo y que tamaño de trampa se debe de seleccionar. Hay dos métodos estándares para seleccionar las trampas en los serpentines.

1. Presión de Vapor Constante.
TRAMPAS DE BALDE INVERTIDO Y TRAMPAS F&T. Se usa un factor de seguridad de 3 a la presión diferencial de operación.

2. Presión de Vapor Variable.
TRAMPAS F&T Y TRAMPAS DE BALDE INVERTIDO CON BALDE TÉRMICO

- Vapor de 0 a 1 bar: factor de seguridad de 2 a una presión diferencial de 0.1 bar
- Vapor de 1 a 2 bar: factor de seguridad de 2 a una presión diferencial de 0.2 bar
- Vapor arriba de 2 bar: factor de seguridad de 3 a la mitad de la máxima presión diferencial en la trampa.

TRAMPAS DE BALDE INVERTIDO SIN BALDE TÉRMICO

Sólo para vapor arriba de 2 bar: factor de seguridad de 3 a la mitad de la máxima presión diferencial en la trampa.

Selección de Trampas para Unidades de Calentamiento y Unidades de Manejo de Aire

Se pueden usar tres métodos para calcular la cantidad de condensado que se debe de manejar. El método a usar se define en base a la información que se conoce sobre la operación.

1. Método de las kJ. La forma estándar de especificar radiadores y otros serpentines para calentar aire es su capacidad en kilojoule (kJ) a una presión de vapor de 0.15 bar y una temperatura de entrada del aire de 15°C. Para convertir de la especificación estándar a la capacidad real se deben de usar los factores de la Tabla 24-1. Una vez que se conoce la capacidad real, se multiplica la carga de condensado por el factor de seguridad apropiado.

2. Método del flujo (m³/min) y aumento en la temperatura del aire. Cuando sólo se conocen la capacidad del ventilador, en m³/min, y el incremento en la temperatura del aire, la capacidad real en kJ se puede calcular simplemente usando la siguiente fórmula:

$$\text{kJ/hr} = (X) \text{ m}^3/\text{min} \times 121.68 \times \Delta^\circ\text{C}$$

m³/min = Capacidad del ventilador
Δ°C = Aumento en la temperatura del aire, en °C

121.68 se obtiene como sigue:
1 m³/min x 60 min/hr = 60 m³/hr
60 m³/hr x 1.20 kg de aire/m³ = 72 kg de aire/hr
72 kg de aire/hr x 1.69 kJ/kg·°C (calor específico) = 121.68

EJEMPLO: ¿Qué tamaño de trampa es capaz de drenar un calentador con una capacidad de 100 m³/min, y que incrementa la temperatura 30°C? La presión del vapor es de 5 bar.

Usando la fórmula: 100 x 121.68 x 30 = 365,040 kJ/hr. Ahora se dividen las 365,040 kJ/hr entre 2086.3 kJ/kg (calor latente del vapor) y se obtiene 174.9 kg/hr de condensado, y multiplicando por el factor de seguridad recomendado de 3, se determina que se requiere de una trampa con capacidad de 525 kg/hr.

3. Método del condensado. Una vez que se ha calculado la capacidad en kJ:

1. Se dividen los kilojoules entre el calor latente del vapor a la presión que se está usando el vapor. Véase la columna 2 en la Tabla 24-1 o las Tablas de Vapor (página 2).
2. Esta división da el peso real del vapor condensado. Para una buena aproximación, un cálculo rápido se puede hacer al dividir la capacidad en kJ entre 2000.
2. Multiplíquese el peso real del vapor que se condensó por el factor de seguridad, y se obtiene la capacidad requerida para descarga continua.

Gráfica 22-1. Factores Multiplicadores para Especificar Trampas para Serpentines Múltiples.

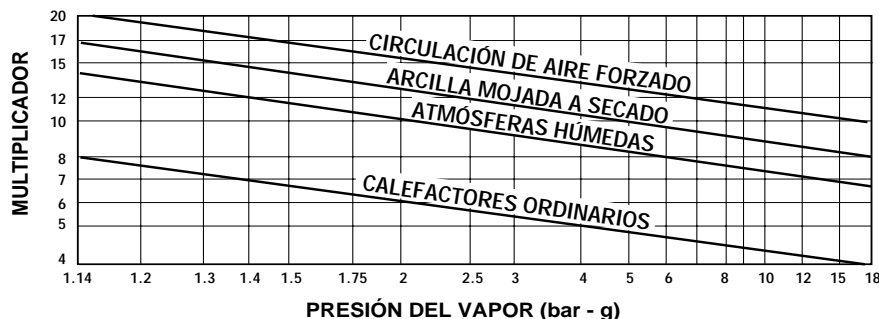


Tabla de Recomendaciones (Referirse a la Tabla en la contraportada B para información sobre los "CÓDIGOS").

| Equipo Siendo Trampeado | 1era Opción y Códigos | Presión Constante | | 1era Opción y Códigos | Presión Variable | |
|---------------------------------------|-----------------------|-------------------|-----------------|-----------------------|------------------|-----------------|
| | | 0-2 bar | Arriba de 2 bar | | 0-2 bar | Arriba de 2 bar |
| Unidad de Calefacción | B, C, E, K, N | IBLV | IBL | B, C, G, H, L | F&T | *F&T |
| | Alternativa | F&T | *F&T | Alternativa | IBLV | IBLV |
| Unidad de Manejo de Aire | B, C, E, K, N | IBLV | IBLV | B, C, G, H, L | F&T | *F&T |
| | Alternativa | F&T | *F&T | Alternativa | IBT | IBLV |
| Radiadores Aletados y Tubos Serpentín | B, C, E, K, N | IBLV | IBLV | B, C, G, H, L | F&T | F&T |
| | Alternativa | Termos-tática | Termos-tática | Alternativa | IBLV | IBLV |

* Úsease IBLV arriba de los límites de presión y temperatura de las F&T
POR FAVOR NÓTESE QUE: 1. Se debe de proveer un rompedor de vacío cuando se tengan presiones menores a la atmosférica.
2. No se deben de usar las trampas F&T con vapor sobrecalentado.

Selección de Trampas para Tubos Serpentin y Radiadores Aletados.

Tubo serpentin. Siempre que sea posible se debe de trampear cada tubo en forma independiente para evitar cortocircuito.

Serpentin de un tubo. Para seleccionar trampas para un sólo serpentin, o para serpentines trampeados de forma independiente, se necesita obtener la capacidad de condensación por unidad de longitud con la Tabla 24-3. Se multiplica la capacidad de condensación por metro lineal por la longitud en metros para obtener la carga normal de condensado.

En aplicaciones con calentamientos rápidos, se usa un factor de seguridad de 3 y se selecciona un trampa de Balde Invertido con un venteador térmico en el balde. Cuando no se requiere calentamiento rápido, se usa un factor de seguridad de 2, y se selecciona una trampa estándar de Balde Invertido.

Serpentines con múltiples tubos. Para seleccionar trampas para drenar serpentines que consisten de múltiples tubos, se sigue el siguiente procedimiento:

1. Multiplíquense los metros lineales de tubería en el serpentin por el factor de condensación dado en la Tabla 24-3. Así se obtiene la carga normal de condensado.
2. Obtener de la Gráfica 22-1 el factor multiplicador para las condiciones de la aplicación dada.
3. Multiplíquese la carga normal de condensado por el factor multiplicador para obtener la carga de descarga continua requerida en la trampa.

Nótese que el factor de seguridad ya está incluido en el factor multiplicador.

Radiación con Aletas. Las Tablas 24-2 y 24-4 se pueden usar para calcular, con una precisión suficiente para la selección de las trampas, las cargas de condensado en el equipo cuando las calorías producidas no se conocen. Para usar la Tabla 24-4 se debe de saber el tamaño de la tubería, el tamaño, número y material de las aletas. Se calcula el factor de condensación por metro de tubería, bajo condiciones normales, con la Tabla 24-4. Se convierte a condiciones reales con la Tabla 24-2.

El factor de seguridad se recomienda para:

1. Compensar por el riesgo de cortocircuito que existe al tener múltiples tubos en el calentador.
2. Asegurar capacidad adecuada de la trampa para cubrir condiciones severas de

operación. En clima extremadamente frío, la temperatura del aire a la entrada muy seguramente es menor que la temperatura usada en los cálculos; y el aumento en la demanda de vapor en toda la planta puede resultar en una presión más bajas del vapor, y en presiones más altas en la tubería de retorno - lo cual reduce la capacidad de la trampa.

3. Asegurar que se remueven el aire y los no-condensables.

ADVERTENCIA: Para calefacción a baja presión, úsese un factor de seguridad a la presión diferencial real, no a la presión de alimentación del vapor, recordando que la trampa también debe de ser capaz de operar a la máxima presión diferencial que se tenga en el calentador.

Instalación

Básicamente se deben de seguir las recomendaciones de los fabricantes de los equipos correspondientes. Figs. 23-1, 23-2, 23-3, y 23-4 representan situaciones en que todos los fabricantes de equipos de calefacción están de acuerdo.

NOTA: Para una explicación sobre trampas para drenaje de seguridad véase la Fig. 42-1.

Figura 23-1. Trampeo y Venteo de Serpentes de Calefacción

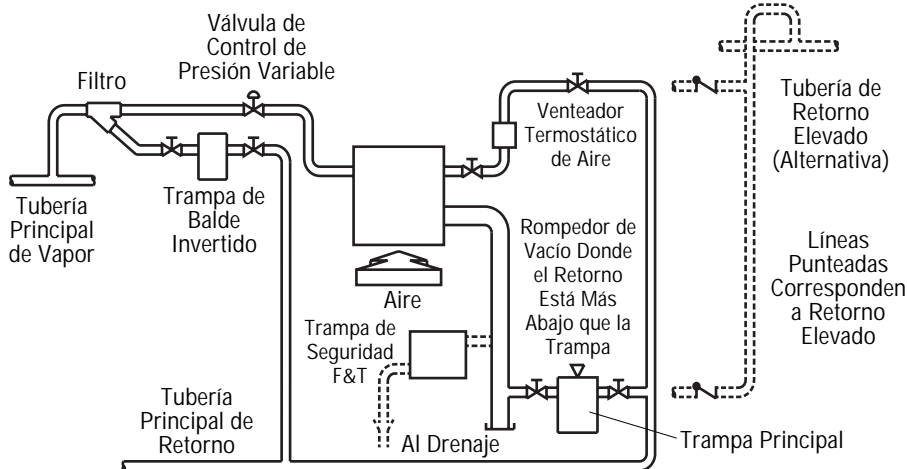


Figura 23-2. Trampeo y Venteo de Serpentes de Calefacción

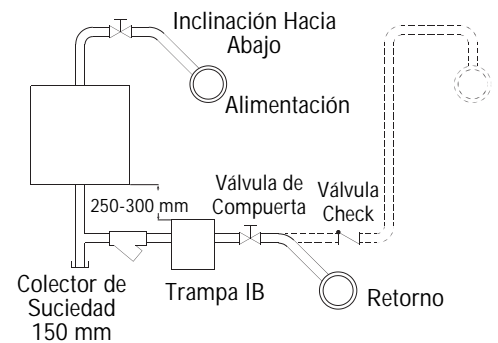
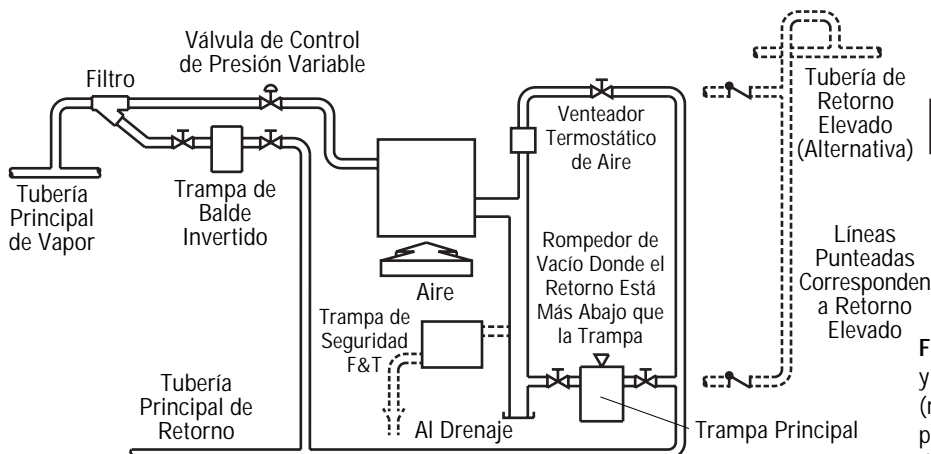


Figura 23-3. Método aprobado para el trampeo y conexión de calentadores de alta presión (arriba de 1 bar) con descarga horizontal. La pierna colectora en las Figs. 23-3 y 23-4 debe de ser de al menos 250-300 mm.

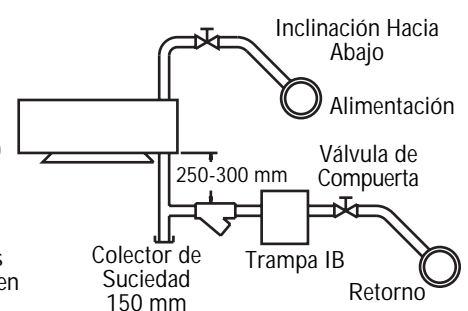


Figura 23-4. Método aprobado para el trampeo y conexión de calentadores de baja presión (menos de 1 bar) con descarga vertical. La pierna colectora en las Figs. 23-3 y 23-4 debe de ser de al menos 250-300 mm.

Tabla 24-1. Tabla de Constantes para calcular la capacidad de una unidad de calefacción a condiciones diferentes a las estándares. El estándar es una presión del vapor de 1.15 bar (g) y una temperatura de entrada del aire de 15°C. Multiplíquese la capacidad estándar del calentador por la constante correspondiente. (Tomada de ASHRAE Guide, con permiso especial)

| Temperatura del Vapor °F | Temperatura del Vapor °C | Presión del Vapor bar (g) | Factor de capacidad para unidades de calefacción | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|---------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | Temperatura del aire a la entrada, °C | | | | | | | | | | | |
| | | | -20 | -15 | -10 | -5 | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
| 219.1 | 103.9 | 0.15 | — | — | — | — | — | 1.138 | 1.068 | 1.000 | 0.933 | 0.868 | 0.805 | 0.743 |
| 227.4 | 108.6 | 0.35 | 1.573 | 1.492 | 1.414 | 1.338 | 1.263 | 1.191 | 1.120 | 1.052 | 0.984 | 0.919 | 0.855 | 0.792 |
| 239.7 | 115.4 | 0.70 | 1.656 | 1.574 | 1.495 | 1.418 | 1.342 | 1.269 | 1.198 | 1.128 | 1.060 | 0.993 | 0.928 | 0.865 |
| 248.8 | 120.4 | 1.0 | 1.717 | 1.635 | 1.555 | 1.477 | 1.401 | 1.327 | 1.255 | 1.184 | 1.116 | 1.049 | 0.983 | 0.919 |
| 261.7 | 127.6 | 1.5 | 1.805 | 1.721 | 1.640 | 1.561 | 1.484 | 1.409 | 1.336 | 1.264 | 1.195 | 1.127 | 1.060 | 0.995 |
| 272.6 | 133.7 | 2.0 | 1.878 | 1.794 | 1.712 | 1.632 | 1.554 | 1.478 | 1.404 | 1.332 | 1.262 | 1.193 | 1.126 | 1.060 |
| 282.2 | 139.0 | 2.5 | 1.943 | 1.858 | 1.775 | 1.694 | 1.616 | 1.539 | 1.465 | 1.392 | 1.321 | 1.251 | 1.183 | 1.117 |
| 290.7 | 143.7 | 3.0 | 2.001 | 1.915 | 1.831 | 1.750 | 1.671 | 1.593 | 1.518 | 1.444 | 1.373 | 1.303 | 1.234 | 1.168 |
| 305.5 | 151.9 | 4.0 | 2.101 | 2.014 | 1.929 | 1.846 | 1.766 | 1.687 | 1.611 | 1.536 | 1.464 | 1.393 | 1.323 | 1.255 |
| 318.1 | 158.9 | 5.0 | 2.186 | 2.098 | 2.012 | 1.928 | 1.847 | 1.767 | 1.690 | 1.615 | 1.541 | 1.469 | 1.399 | 1.330 |
| 329.0 | 165.0 | 6.0 | 2.260 | 2.171 | 2.084 | 1.999 | 1.917 | 1.837 | 1.758 | 1.682 | 1.608 | 1.535 | 1.464 | 1.395 |
| 338.9 | 170.5 | 7.0 | 2.327 | 2.237 | 2.149 | 2.064 | 1.981 | 1.900 | 1.821 | 1.744 | 1.669 | 1.595 | 1.524 | 1.454 |

Tabla 24-2. Factores de Conversión para Radiación con Aletas para presiones de vapor y temperaturas de aire diferentes a 101.7°C y 0.07 bar (g).

| Presión del Vapor bar (g) | Temperatura del Vapor °C | Factores de Conversión | | | | | | |
|---------------------------|--------------------------|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| | | Temperatura del aire a la entrada, °C | | | | | | |
| | | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
| 0.07 | 101.5 | 1.27 | 1.17 | 1.07 | 0.97 | 0.88 | 0.78 | 0.66 |
| 0.3 | 107.0 | 1.37 | 1.26 | 1.16 | 1.06 | 0.96 | 0.85 | 0.73 |
| 0.7 | 115.0 | 1.50 | 1.39 | 1.29 | 1.19 | 1.09 | 0.97 | 0.83 |
| 1.0 | 120.0 | 1.59 | 1.48 | 1.37 | 1.27 | 1.17 | 1.05 | 0.91 |
| 2.0 | 133.5 | 1.81 | 1.71 | 1.60 | 1.49 | 1.38 | 1.25 | 1.11 |
| 4.0 | 151.5 | 2.16 | 2.05 | 1.93 | 1.82 | 1.69 | 1.55 | 1.39 |
| 6.0 | 165.0 | 2.39 | 2.28 | 2.17 | 2.05 | 1.93 | 1.79 | 1.62 |
| 8.0 | 175.0 | 2.58 | 2.47 | 2.36 | 2.25 | 2.13 | 1.98 | 1.80 |
| 10.0 | 184.0 | 2.75 | 2.65 | 2.53 | 2.41 | 2.29 | 2.14 | 1.96 |
| 12.0 | 191.5 | 2.90 | 2.80 | 2.68 | 2.56 | 2.43 | 2.28 | 2.10 |

Tabla 24-3. Factor de Condensación en Tubería Sin Aislar Llevando Vapor Saturado (Tubos horizontales en aire sin mover a 21°C).

| Tamaño de Tubo (in) | Presión, bar (g) | | | | | | | | |
|---------------------|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| | 1 | 2 | 4 | 8 | 12 | 16 | 32 | 40 | 60 |
| | Kilos de condensado por Hora por Metro | | | | | | | | |
| 1/2 | 0.17 | 0.21 | 0.27 | 0.35 | 0.42 | 0.47 | 0.68 | 0.77 | 0.99 |
| 3/4 | 0.21 | 0.26 | 0.32 | 0.42 | 0.51 | 0.58 | 0.82 | 0.93 | 1.20 |
| 1 | 0.26 | 0.31 | 0.39 | 0.51 | 0.62 | 0.70 | 1.00 | 1.14 | 1.48 |
| 1 1/4 | 0.31 | 0.38 | 0.48 | 0.63 | 0.75 | 0.86 | 1.23 | 1.40 | 1.81 |
| 1 1/2 | 0.35 | 0.43 | 0.54 | 0.71 | 0.85 | 0.97 | 1.39 | 1.58 | 2.05 |
| 2 | 0.43 | 0.52 | 0.66 | 0.86 | 1.04 | 1.18 | 1.70 | 1.94 | 2.51 |
| 2 1/2 | 0.51 | 0.61 | 0.78 | 1.02 | 1.23 | 1.40 | 2.02 | 2.30 | 2.99 |
| 3 | 0.60 | 0.73 | 0.92 | 1.22 | 1.47 | 1.67 | 2.41 | 2.75 | 3.57 |
| 3 1/2 | 0.68 | 0.82 | 1.04 | 1.37 | 1.65 | 1.89 | 2.72 | 3.10 | 4.03 |
| 4 | 0.75 | 0.91 | 1.15 | 1.53 | 1.84 | 2.10 | 3.03 | 3.45 | 4.49 |
| 5 | 0.91 | 1.10 | 1.40 | 1.85 | 2.23 | 2.54 | 3.68 | 4.19 | 5.46 |
| 6 | 1.06 | 1.29 | 1.63 | 2.16 | 2.61 | 2.98 | 4.31 | 4.92 | 6.41 |
| 8 | 1.35 | 1.63 | 2.08 | 2.75 | 3.32 | 3.80 | 5.50 | 6.28 | 8.19 |
| 10 | 1.64 | 1.99 | 2.54 | 3.36 | 4.06 | 4.65 | 6.75 | 7.71 | 10.1 |
| 12 | 1.92 | 2.33 | 2.96 | 3.94 | 4.75 | 5.44 | 7.90 | 9.03 | 11.8 |
| 14 | 2.09 | 2.53 | 3.23 | 4.29 | 5.18 | 5.93 | 8.62 | 9.86 | 12.9 |
| 16 | 2.36 | 2.86 | 3.65 | 4.85 | 5.87 | 6.71 | 9.77 | 11.17 | 14.6 |
| 18 | 2.63 | 3.19 | 4.07 | 5.41 | 6.54 | 7.49 | 10.9 | 12.5 | 16.3 |
| 20 | 2.90 | 3.51 | 4.48 | 5.96 | 7.21 | 8.26 | 12.0 | 13.8 | 18.0 |
| 24 | 4.14 | 5.01 | 6.36 | 8.40 | 10.1 | 11.5 | 16.6 | 18.9 | 24.5 |

Con base en el programa "3Eplus", versión 2.11, de la Asociación de Fabricantes de Aislamiento en Norteamérica (NAIMA), siguiendo el método descrito en ASTM C680.

Tabla 24-4. Factores de Condensación para Radiación con Aletas con aire a 18°C y vapor a 102°C (usarse sólo para seleccionar trampas).

| Materiales | Tamaño Nominal del Tubo (pulgadas) | Tamaño de Aletas mm | Inclinación de Aletas mm | Número de Tubos elevados en centros de 150 mm | Condensado kg/hr por metro de tubo |
|---|------------------------------------|---------------------|--------------------------|---|------------------------------------|
| Tubo de acero, Aletas de acero, pintadas de negro | 1 1/4 | 80 – 85 | 6.5 – 8.5 | 1 | 1.65 |
| | | | | 2 | 3.0 |
| | | | | 3 | 3.9 |
| | 1 1/4 | 105 – 110 | 6.5 – 8.5 | 1 | 2.4 |
| | | | | 2 | 3.6 |
| | | | | 3 | 4.6 |
| 2 | 105 – 110 | 8.5 – 13 | 1 | 2.2 | |
| | | | 2 | 3.6 | |
| | | | 3 | 4.6 | |
| Tubo de cobre, Aletas de aluminio sin pintar | 1 1/4 | 80 – 85 | 6.5 | 1 | 2.4 |
| | | | | 2 | 3.3 |
| | | | | 3 | 4.2 |
| | 1 1/4 | 105 – 110 | 5 | 1 | 3.3 |
| | | | | 2 | 4.5 |
| | | | | 3 | 5.4 |

Cómo Trampear Calentadores de Aire de Proceso

Los calentadores de aire de proceso son usados para el secado de papel, madera, leche, almidón y otros productos, así como para precalentar el aire de combustión en calderas.

Ejemplos típicos de esta clase de equipo son secadoras de proceso, secadoras de túnel, y precalentadores de aire de combustión. La diferencia entre los calentadores de aire de proceso y los calentadores de aire para calefacción, es que los primeros operan a temperaturas bastante altas, donde 260°C no es nada raro. Estas aplicaciones a temperaturas extremadamente altas requieren de vapor a altas presiones, y en algunos casos de vapor sobrecalentado.

Selección de Trampas y Factor de Seguridad

Se debe de calcular la carga de condensado para los calentadores de aire de proceso de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{F \times C_p \times d \times 60 \text{ min/hr} \times \Delta T}{H}$$

Donde:

Q = Carga de Condensado, en kg/hr

F = Flujo de aire, en m³/min

C_p = Calor específico del aire, en kJ/kg·°C
(De la Tabla 50-2)

d = Densidad del aire, 1.2 kg/m³ a 15°C (la temperatura de alimentación del aire)

ΔT = Incremento en temperatura, en °C

H = Calor latente del vapor, en kJ/kg
(Tablas de Vapor, página 2)

EJEMPLO: ¿Cuál es la carga de condensado en un serpentín de una secadora de túnel que maneja 60 m³/min de aire y requiere un incremento en la temperatura de 35°C? La presión del vapor es de 5 bar. Usando la fórmula:

$$Q = \frac{60 \times 1 \times 1.2 \times 60 \times 35}{2086} = 72 \text{ kg/hr}$$

Multiplicándola por el factor de seguridad de 2, que es el recomendado para todos los calentadores de aire de proceso a presión constante, se obtiene la capacidad de 144 kg/hr que se requiere en la trampa. Este cálculo es basado en un serpentín. Para incrementos mayores de temperatura se pueden necesitar serpentines en serie.

Factor de Seguridad

Para presiones constantes del vapor, úsese un factor de seguridad de 2 a la presión diferencial de operación. Para presiones variable del vapor, úsese un factor de seguridad de 3 a la mitad de la máxima presión diferencial a través de la trampa.

Instalación

Debido a las grandes variaciones de temperatura, se debe de proveer suficiente espacio para la expansión térmica del sistema de tuberías en el equipo calentador de aire de proceso, y en todas las conexiones a la trampa. Móntense las trampas 250 - 300 mm más abajo que el serpentín, y con colectores de suciedad de al menos 150 mm. Para ambos casos, de presión constante y variable, se debe de instalar un rompedor de vacío entre el serpentín y la trampa de vapor. Instálese un venteador de aire en cada serpentín para remover el aire y los no-condensables, ya que pueden producir corrosión de forma inmediata. Véase Fig. 25-1.

Figura 25-1. Calentador de Aire de Proceso

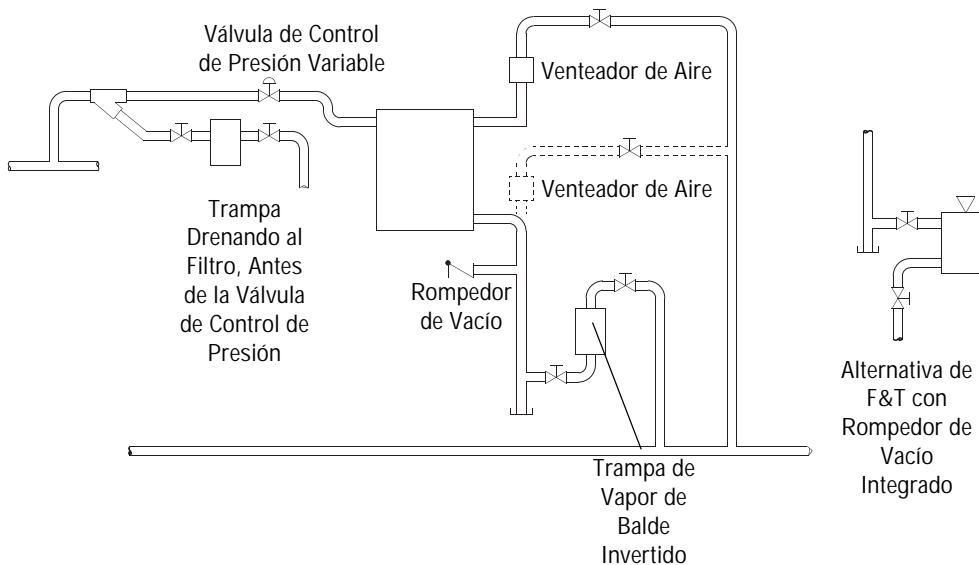


Tabla de Recomendaciones (Referirse a la Tabla en la contraportada B para información sobre los "CÓDIGOS").

| Equipo Siendo Trampeado | 1era Opción y Códigos | Presión Constante | | 1era Opción y Códigos | Presión Variable | |
|-------------------------------|-----------------------|-------------------|------------------|-----------------------|------------------|-----------------|
| | | 0-17 bar | Arriba de 17 bar | | 0-2 bar | Arriba de 2 bar |
| Calentador de Aire de Proceso | B, F, K, I, M, A | IB | IB | B, C, G, H, L | F&T | *F&T |
| | Alternativa | *F&T | IB | Alternativa | IBLV | IBLV |

* Los límites de presiones para las trampas F&T pueden ser un poco diferentes para ciertos modelos y tamaños. **POR FAVOR NÓTESE QUE:**

1. Se debe de proveer un rompedor de vacío cuando se tengan presiones menores a la atmosférica.
2. No se deben de usar las trampas F&T con vapor sobrecalentado.

Considere un drenaje de seguridad si el condensado es elevado después de la trampa, o si se tiene contrapresión. Ver página 42 para un diagrama de la tubería y una explicación.

Cómo Trampear Intercambiadores de Calor de Tubos y Coraza & Serpentes Sumergidos

Serpentes sumergidos son elementos para transferencia de calor que se sumergen en el líquido que se va a calentar, evaporar o concentrar. Este tipo de serpentín se puede encontrar en cualquier fábrica o institución que utiliza vapor. Ejemplos típicos son calentadores de agua, hervidores, calentadores de succión, evaporadores, y vaporizadores. Estos equipos son usados para calentar agua para el proceso o para uso domestico, vaporizar gases industriales como propano y oxígeno, concentrar fluidos en proceso, como azúcar, petróleo, licores, y combustible para calefacción para su fácil transportación y atomización.

Los diferentes requerimientos de cada aplicación, ya sea a presión de vapor constante o variable, determinan que tipo de trampa debe de especificarse. Factores que deben considerarse en la selección incluyen la capacidad para lidiar con aire a presiones diferenciales bajas, para conservar energía, y para remover basuras y bloques de condensado acumulado. Tres métodos estándar de selección ayudan en la

determinación del tipo y tamaño apropiado para las trampas del serpentín.

Factor de Seguridad

- I. Presión Constante del Vapor.
TRAMPAS DE BALDE INVERTIDO O TRAMPAS F&T. Usar un factor de seguridad de 2 a la presión diferencial de operación.
- II. Presión Variable del Vapor.
TRAMPAS F&T O TRAMPAS DE BALDE INVERTIDO.
 1. Vapor de 0 a 1 bar: Factor de seguridad de 2 a una presión diferencial de 0.1 bar.
 2. Vapor de 1 a 2 bar: Factor de seguridad de 2 a una presión diferencial de 0.2 bar.
 3. Vapor arriba de 2 bar: Factor de seguridad de 3 a la mitad de la máxima presión diferencial a través de la trampa.
- III. Para presión de vapor constante o variable con drenaje por sifón. Un Controlador

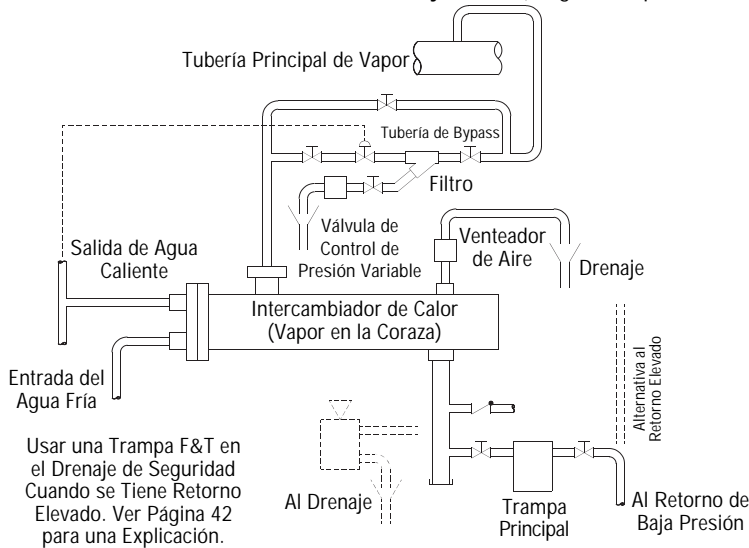
Automático Diferencial de Condensado (DC) debe de usarse con un factor de seguridad de 3. Una alternativa es una IBLV con un factor de seguridad de 5.

Con presión constante de vapor, aplíquese el factor de seguridad a la presión diferencial total. Con presión variable de vapor, aplíquese el factor de seguridad a la mitad de la máxima presión diferencial.

Intercambiadores de Calor de Tubos y Coraza

Un tipo de serpentín sumergido es el intercambiador de calor de tubos y coraza (Fig. 26-1). En estos intercambiadores se instalan varios tubos dentro de una cámara o coraza con una área libre reducida. Esto básicamente asegura que siempre hay contacto entre los tubos y el fluido viajando en la coraza. Aún cuando el término sumergido implica que el vapor fluye en los tubos y que los tubos están sumergidos en el fluido siendo calentado, lo opuesto puede también ser implementado, con el vapor en la coraza y el líquido en los tubos.

Figura 26-1. Intercambiadores de Calor de Tubos y Coraza (Diagrama Típico de la Tubería)



Selección de Trampas para Intercambiadores de Calor de Tubos y Coraza

Para determinar la carga de condensado en intercambiadores de tubos y coraza se usa la fórmula dada a continuación, si es que se conoce la capacidad nominal. *(Si sólo se conocen las dimensiones del serpentín, úsese la fórmula dada para serpentines estampados. Asegúrese de seleccionar el factor "U" apropiado):

$$Q = \frac{L \times \Delta T \times C \times 60 \times sg}{H}$$

Donde:

- Q = Carga de condensado, en kg/hr
- L = Flujo del líquido, en lt/min
- ΔT = Incremento en temperatura, en °C
- C = Calor específico del líquido, en kJ/kg·°C (Tabla 50-1)
- 60 = 60 min/hr
- sg = Gravedad específica del líquido (Tabla 50-1)
- H = Calor latente del vapor, en kJ/kg (Ver Tablas de Vapor, página 2)

Tabla de Recomendaciones (Referirse a la Tabla en la contraportada B para información sobre los "CÓDIGOS").

| Equipo Siendo Trampeado | 1era Opción y Códigos | Presión Constante | | 1era Opción y Códigos | Presión Variable | |
|--|---------------------------|-------------------|-----------------|-----------------------|------------------|-------------------|
| | | 0-2 bar | Arriba de 2 bar | | 0-2 bar | Arriba de 2 bar |
| Intercambiador de Calor de Tubos y Coraza | I, F, Q, C, E, K, N, B, G | IBLV | IBLV | B, C, G, H, L, I | F&T ³ | *F&T ³ |
| Serpentes Estampados y Serpentes Tubulares | Alternativa | DC F&T | DC *F&T | Alternativa | DC IBT | DC IBLV |

* Los límites de presiones para las trampas F&T pueden ser un poco diferentes para ciertos modelos y tamaños.
POR FAVOR NÓTESE QUE:
 1. Se debe de proveer un rompedor de vacío cuando se tengan presiones menores a la atmosférica.
 2. Se debe tener un drenaje de seguridad cuando se eleve el condensado en servicio a presión variable.
 3. Si se tiene que lidiar con grandes cantidades de aire y suciedad, la trampa de balde invertido con un ventilador termostático externo puede ser una alternativa eficiente.

EJEMPLO: Supóngase que se tiene un flujo de agua de 200 lt/min con una temperatura de entrada de 20°C y una temperatura de salida de 60°C. La presión del vapor es de 1 bar. Determine la carga de condensado.

Usando la fórmula:

$$Q = \frac{200 \times 40^\circ\text{C} \times 4.19 \text{ kJ/kg}\cdot^\circ\text{C} \times 60 \times 1}{2202 \text{ kJ/kg}} = 913 \text{ kg/hr}$$

* Para especificar las trampas en hervidores, vaporizadores y evaporadores (equipo que crea vapor), se debe de usar la fórmula para SERPENTES ESTAMPADOS en la página 27.

Recomendación Para el Cálculo Rápido del Factor de Condensación en Calentadores de Vapor: Aumentando la temperatura de 378 litros (100 galones) de agua en 0.56 °C (1°F) condensará 0.454 kg (1 lb) de vapor.

Serpentines Estampados

Es común que tanques abiertos con agua o con químicos sean calentados mediante serpentines estampados o en relieve (Fig. 27-1). Ranuras estampadas en una placa de metal forman una mitad de los espacios para el vapor. Al soldar las dos mitades se crean los conductos para el vapor, donde se produce la transferencia de calor y donde se evacúa el condensado.

Selección de Trampas para Serpentine Estampados - Se debe de calcular la carga de condensado en serpentines estampados mediante la siguiente fórmula:

$$Q = A \times U \times D_m$$

Donde:

Q = Calor transferido total, en kJ/hr

A = Área de la superficie exterior del serpentín, en m²

U = Factor global de transferencia de calor, en kJ/hr·m²·°C. Ver Tablas 27-1 y 27-2.

D_m = Promedio logarítmico de diferencia de temperaturas entre el vapor y el líquido (semejante que entre la entrada y la salida de un intercambiador de calor), en °C

$$D_m = \frac{D_1 - D_2}{\ln \left(\frac{D_1}{D_2} \right)}$$

D₁ = Diferencia de temperaturas mayor

D₂ = Diferencia de temperaturas menor

El promedio logarítmico de la diferencia de temperaturas se puede obtener, con una exactitud ligeramente menor, mediante el uso del nomograma en la Gráfica 29-1.

Los valores de "U" son definidos en base a experimentos bajo condiciones controladas. Las Tablas 27-1 y 27-2 muestran el rango de valores comúnmente aceptado para serpentines estampados sumergidos. En el proceso de selección de trampas se debe de usar un valor de "U" que sea ligeramente mayor que el estimado conservador que se uso para calcular la transferencia de calor que está ocurriendo.

EJEMPLO:

A = 5 m² de superficie de serpentín

U = 3 MJ/hr·m²·°C

Condiciones:

Agua a la Entrada: 10°C

Agua a la Salida: 70°C

Presión del Vapor: 8 bar o 175°C

D₁ = 175 - 10 = 165

D₂ = 175 - 70 = 105

Dividiendo entre 2 para estar en el rango de la Gráfica 29-1, se obtiene:

D₁ = 82.5

D₂ = 52.5

La diferencia promedio de acuerdo a la gráfica 29-1 es 66. Multiplicándose por 2 se obtiene el promedio logarítmico de la diferencia de presiones para los datos originales, siendo de 132°C. Sustituyendo en la fórmula:

$$Q = 5m^2 \times 3000 \text{ kJ/hr} \cdot m^2 \cdot ^\circ C \times 132 = 1,980,000 \text{ kJ/hr}$$

la transferencia de calor por hora. El calor latente del vapor a 8 bar(g) es 2031.1 kJ/kg, así que

$$\frac{1,980,000 \text{ kJ/hr}}{2031.1 \text{ kJ/kg}} = 974 \text{ kilogramos de condensado por hora.}$$

Para calcular la capacidad de la trampa se debe de multiplicar la carga de condensado por el factor de seguridad recomendado.

Serpentines Tubulares

Serpentines tubulares son tubos para transferencia de calor que se sumergen en tanques que son bastante grandes en comparación al tamaño del serpentín (Fig. 27-2). Ésta es la principal diferencia con los intercambiadores de calor de tubos y coraza. Al igual que los serpentines estampados, los tubulares pueden ser drenados por gravedad o por sifón, dependiendo de las condiciones que existan en donde sean instalados. A diferencia de los serpentines estampados, la mayoría de los serpentines tubulares se instalan en recipientes cerrados.

Selección de Trampas para Serpentine Tubulares

Se debe de calcular la carga de condensado en el serpentín tubular, mediante el uso de una de las fórmulas, dependiendo de la información que se conoce. Si se conoce la capacidad se puede usar la fórmula dada en la sección de intercambiadores de calor de tubos y coraza. Cuando se conocen las dimensiones del serpentín, se usaría la fórmula en la sección de serpentines estampados.

Instalación

Quando se tienen intercambiadores de calor de tubos y coraza, serpentines estampados, o serpentines tubulares que utilizan drenaje por gravedad, se debe de ubicar la trampa de vapor a un nivel más bajo que el elemento calentador. Se debe de utilizar un rompedor de vacío al tenerse presión variable, éste puede ser integrado en las trampas F&T o instalado fuera de la tubería de entrada en una trampa de balde invertido. Se debe de tener una pierna colectora antes de la trampa para que actúe como tanque acumulador, lo cual garantiza que se tenga drenado de condensado cuando la trampa está operando a la máxima capacidad y se tiene una presión diferencial mínima.

No se debe de elevar el condensado cuando se tiene control variable en intercambiadores de calor de tubos y coraza, serpentines estampados, o serpentines tubulares. Sin embargo, si es necesario elevar el condensado, se sugiere lo siguiente:

1. No se debe de elevar el condensado más de 0.3 m por cada 0.07 bar de presión diferencial normal, ya sea antes o después de la trampa.
2. Si la elevación del condensado ocurre después de la trampa de vapor, instálase un drenaje de seguridad de baja presión (Ver página 42).
3. Si la elevación del condensado ocurre antes de la trampa de vapor (elevación por sifón), instálase un Controlador Automático Diferencial de Condensado (DC) para poder ventear eficientemente todo el vapor flash.

Véase la Gráfica 29-2 para Obtener los Kilogramos de Condensado por Hora Metro Cuadrado de Superficie de Serpentín Sumergido.

Tabla 27-1. Valores de U para Serpentine Tubulares (MJ/hr·m²·°C)

| Tipo de Servicio | Circulación | |
|-----------------------------|-------------|-----------|
| | Natural | Forzada |
| Vapor a Agua | 1.0 - 4.0 | 3.0 - 24 |
| Calentador de Tubos de 40mm | 3.6 | 9.0 |
| Calentador de Tubos de 75mm | 4.0 | 10 |
| Vapor a Aceite | 0.2 - 0.6 | 1.0 - 3.0 |
| Vapor a Líquido Hirviendo | 6 - 16 | — |
| Vapor a Aceite Hirviendo | 1.0 - 3.0 | — |

Tabla 27-2. Valores de U para Serpentine Estampados (MJ/hr·m²·°C)

| Tipo de Servicio | Circulación | |
|----------------------------|-------------|-----------|
| | Natural | Forzada |
| Vapor a Soluciones Acuosas | 2.0 - 4.0 | 3.0 - 5.5 |
| Vapor a Aceite Ligero | 0.8 - 0.9 | 1.2 - 2.2 |
| Vapor a Aceite Medio | 0.4 - 0.8 | 1.0 - 2.0 |
| Vapor a Combustible C | 0.3 - 0.6 | 0.8 - 1.6 |
| Vapor a Brea Asfáltica | 0.3 - 0.5 | 0.4 - 1.2 |
| Vapor a Sulfuro Líquido | 0.5 - 0.7 | 0.7 - 0.9 |
| Vapor a Parafina Líquida | 0.5 - 0.7 | 0.8 - 1.0 |
| Vapor a Melaza o Jarabe | 0.4 - 0.8 | 1.4 - 1.8 |
| Dowtherm a Brea Asfáltica | 0.3 - 0.6 | 1.0 - 1.2 |

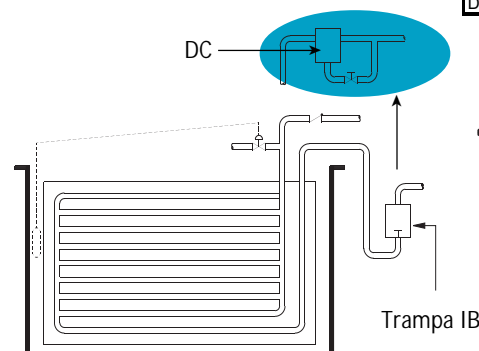


Figura 27-1. Serpentín Estampado Controlado Termostáticamente, Drenado por Sifón

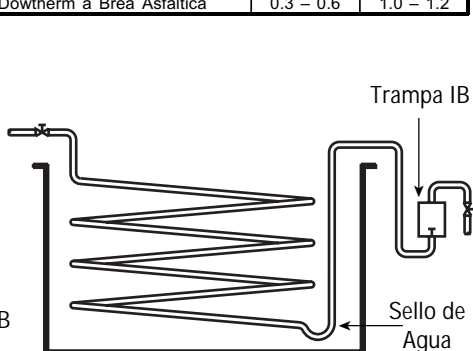


Figura 27-2. Serpentín Continuo, Drenado por Sifón

Cómo Trampear Evaporadores

Los evaporadores reducen el contenido de agua de un producto mediante el uso de calor. Evaporadores son muy comunes en varias industrias, especialmente en las fábricas de papel, alimentos, textiles, química y del acero.

Un evaporador puede ser un intercambiador de calor de tubos y coraza donde el vapor está normalmente en la coraza y los productos fluyen en los tubos. Dependiendo del tipo de producto y de los resultados deseados, puede que se requiera más de un paso o proceso de evaporación. El de tres pasos o efectos es el más común, aunque en algunas aplicaciones se pueden encontrar tantos como cinco o seis pasos.

Un Paso

Mientras se forza al producto a través de los tubos del evaporador, se le añade calor para remover una cantidad específica de humedad. Una vez que esto se completa, tanto lo evaporado del producto como el concentrado del producto se pasan a una cámara de separación donde el vapor en el producto es liberado y posiblemente usado en algún otro equipo. El concentrado es bombeado a la siguiente estación en el proceso (Fig. 28-2).

Múltiples Pasos

Cuando se usa el método de pasos múltiples hay un ahorro de energía ya que el vapor de la caldera se usa en la primera etapa, el vapor generado en el producto es usado como fuente de calor en la segunda etapa; y el calor generado en la segunda etapa es usado en la tercera etapa. Y así sucesivamente hasta que el vapor generado en la última etapa se usa para calentar agua para

alguna aplicación en el proceso, o para precalentar algún suministro de materia prima (Fig. 28-1).

Debido a su amplia gama de aplicaciones en una variedad de procesos, hay muchas variables en el diseño de evaporadores. La capacidad de evaporación de estos equipos puede variar desde aproximadamente 500 kg/hr hasta 50,000 kg/hr, mientras que las presiones del vapor varían desde una alta de 10 bar en las primeras etapas hasta una baja de 60 cm de mercurio en la última etapa.

Debido a que los evaporadores son normalmente operados continuamente, hay una carga constante de condensado que se tiene que manejar. Es importante recordar que las trampas deben de ser seleccionadas en base a la presión diferencial real en cada etapa.

Los tres factores más importantes cuando se trampean evaporadores son:

1. Cargas grandes de condensado.
2. Presión diferencial baja en algunos pasos.
3. Evacuación del aire y de contaminantes.

Factor de Seguridad

- Cuando la carga es básicamente constante y uniforme, un factor de seguridad de 2 es adecuado si se aplica a una carga de condensado mayor que 25,000 kg/hr.
- Para cargas menores de 25,000 kg/hr se debe de usar un factor de seguridad de 3.

Se recomiendan Controladores Automáticos Diferenciales de Condensado (DC) para evaporadores de uno o de múltiples pasos. Además de ofrecer operación continua, las trampas DC ventean aire y CO₂ a la temperatura del vapor, pueden lidiar con vapor flash, y responden inmediatamente a bloques de condensado acumulado.

Figura 28-1. Sistema con Evaporador de Tres Pasos

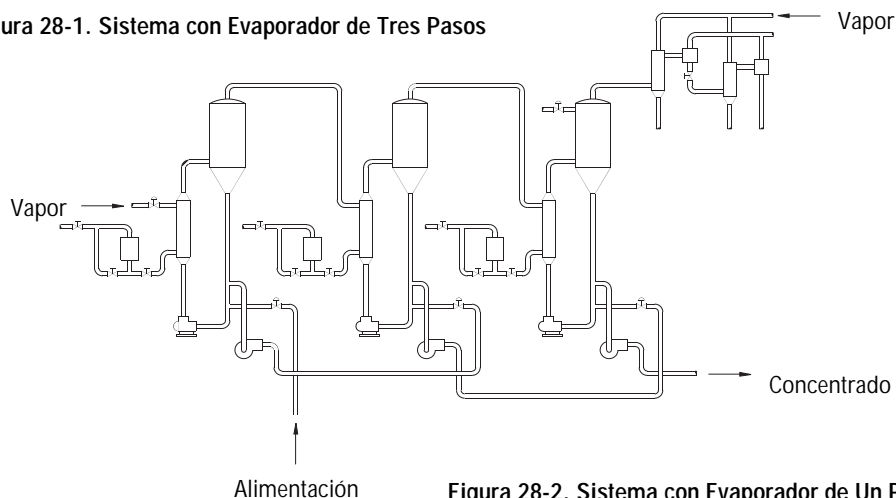


Figura 28-2. Sistema con Evaporador de Un Paso

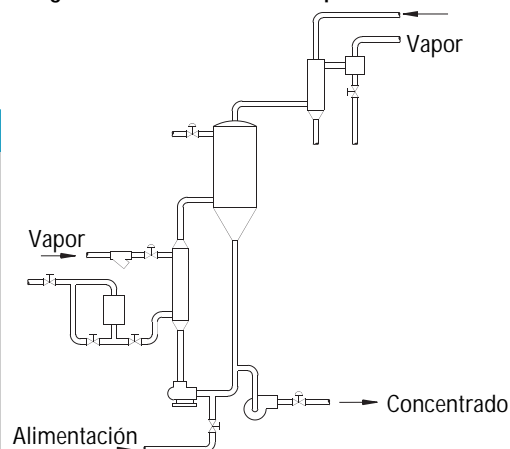


Tabla de Recomendaciones (Referirse a la Tabla en la contraportada B para información sobre los "CODIGOS").

| Equipo Siendo Trampeado | 1era Opción y Códigos y Alternativa(s) | 0-2 bar | Arriba de 2 bar |
|-------------------------------|--|-------------|-----------------|
| Evaporador de Un Paso | A, F, G, H, K, M, P | DC | DC |
| | Alternativa(s) | IBLV F&T | IBLV F&T |
| Evaporador de Múltiples Pasos | A, F, G, H, K, M, P | DC | DC |
| | Alternativa(s) | IBLV F&T | IBLV F&T |

Instalación

Dado que un evaporador es básicamente un intercambiador de calor de tubos y coraza, con el vapor en la coraza, se deben de tener venteadores de aire independientes en el intercambiador. Los venteadores se deben de instalar en el punto donde se espera que el aire se acumule, como por ejemplo en las zonas muertas de la coraza. Se debe de instalar una trampa independiente en cada paso o etapa. El condensado de la primera etapa se puede regresar a la caldera, pero no se recomienda que los condensados de las etapas sucesivas se regresen a la caldera debido a la contaminación que han sufrido del producto.

Selección de Trampas para Evaporadores

Al calcular la carga de condensado en los evaporadores se debe tener especial cuidado para determinar el valor de "U" (kJ/hr·m²·°C). Como guía general, los valores de "U" dados a continuación se pueden usar:

- 1,450 para evaporadores de circulación natural con baja presión de vapor (hasta de 2 bar)
- 2,450 para evaporadores de circulación natural con alta presión de vapor (hasta de 3 bar)
- 3,650 para evaporadores de circulación forzada.

La siguiente fórmula se puede usar para calcular la transferencia de calor en intercambiadores de calor de flujo continuo con presión constante del vapor:

$$Q = A \times U \times D_m$$

Donde:

Q = Calor transferido total, en kJ/hr

A = Área de la superficie exterior del serpentín, en m²

U = Factor global de transferencia de calor, en kJ/hr·m²·°C. Ver Tablas 29-1 y 29-2.

D_m = Promedio logarítmico de diferencia de temperaturas entre el vapor y el líquido (semejante que entre la entrada y la salida de un intercambiador de calor), en °C

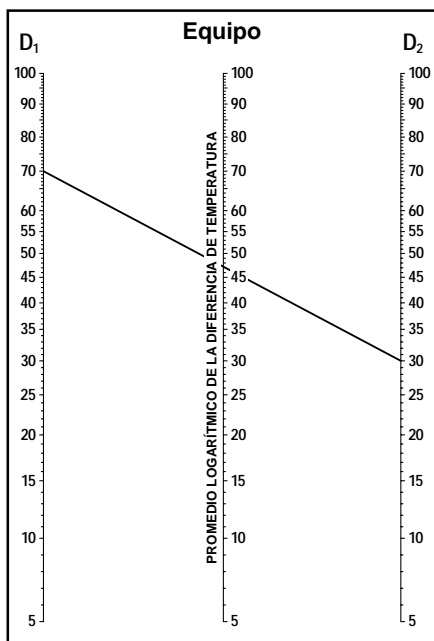
$$D_m = \frac{D_1 - D_2}{\ln \left(\frac{D_1}{D_2} \right)}$$

D₁ = Diferencia de temperaturas mayor

D₂ = Diferencia de temperaturas menor

El promedio logarítmico de la diferencia de temperaturas se puede obtener, con una exactitud ligeramente menor, mediante el uso del nomograma en la Gráfica 29-1.

Gráfica 29-1. Gráfica para Diferencia de Temperatura Promedio en Equipo de Intercambio de Calor



Conectar con una línea la diferencia de temperaturas mayor en la escala D₁, con la diferencia de temperaturas menor en la escala D₂, y se lee el promedio logarítmico de la diferencia de temperaturas en la escala del centro.

EJEMPLO:

A = Tubos de transferencia de calor: ocho tubos de diámetro de 20 mm y 4 metros de longitud

$$\frac{8 \times 4}{14.32} = 2.23 \text{ m}^2 \text{ de superficie de serpentín}$$

$$U = 10 \text{ MJ/hr} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{°C}$$

Condiciones:

Agua a la Entrada: 10°C

Agua a la Salida: 70°C

Presión del Vapor: 8 bar(g) o 175°C

$$D_1 = 175 - 10 = 165$$

$$D_2 = 175 - 70 = 105$$

Dividiendo entre 2 para estar en el rango de la Gráfica 29-1, se obtiene:

$$D_1 = 82.5$$

$$D_2 = 52.5$$

La diferencia promedio de acuerdo a la gráfica 29-1 es 66. Multiplicándose por 2 se obtiene el promedio logarítmico de la diferencia de presiones para los datos originales, siendo de 132.

Substituyendo en la fórmula:

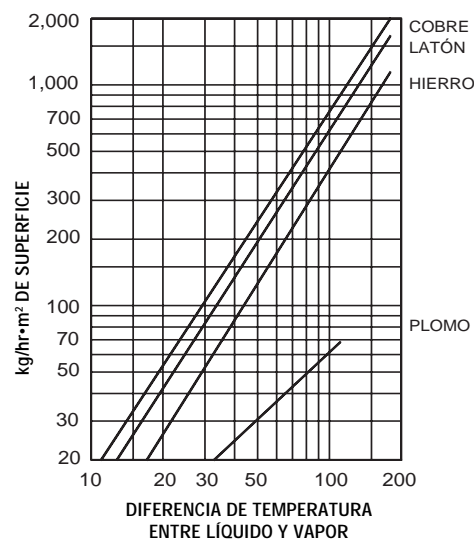
$$Q = 2.32 \text{ m}^2 \times 10,000 \text{ kJ/hr} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{°C} \times 132 \text{°C} = 3,062,400 \text{ kJ/hr}$$

El calor latente del vapor a 8 bar(g) es 2,031.1 kJ/kg, así que

$$\frac{3,062,400 \text{ kJ/hr}}{2,031.1 \text{ kJ/kg}} = 1,508 \text{ kilogramos de condensado por hora.}$$

Para determinar la capacidad requerida en la trampa, multiplíquese el factor de condensación por el factor de seguridad recomendado.

Gráfica 29-2. Kilos de Vapor Condensado por Hora por M² de Superficie de Serpentin Sumergido (Véanse los factores por "Condiciones" debajo de la gráfica)



Factores por Condición
(Divídase el valor de la gráfica por el factor apropiado)

| CONDICIÓN | FACTOR |
|------------------------------------|--------|
| Se mantiene limpio | 1 |
| Impurezas moderadas | 2 |
| Líquido contiene hasta 25% sólidos | 3-5 |
| Líquidos bastante viscosos | 4-8 |

Tabla 29-1. Valores de U para Serpentes Tubulares (MJ/hr·m²·°C)

| Tipo de Servicio | Circulación | |
|-----------------------------|-------------|-----------|
| | Natural | Forzada |
| Vapor a Agua | 1.0 – 4.0 | 3.0 – 24 |
| Calentador de Tubos de 40mm | 3.6 | 9.0 |
| Calentador de Tubos de 75mm | 4.0 | 10 |
| Vapor a Aceite | 0.2 – 0.6 | 1.0 – 3.0 |
| Vapor a Líquido Hirviendo | 6 – 16 | — |
| Vapor a Aceite Hirviendo | 1.0 – 3.0 | — |

Tabla 29-2. Valores de U para Serpentes Estampados (MJ/hr·m²·°C)

| Tipo de Servicio | Circulación | |
|----------------------------|-------------|-----------|
| | Natural | Forzada |
| Vapor a Soluciones Acuosas | 2.0 – 4.0 | 3.0 – 5.5 |
| Vapor a Aceite Ligero | 0.8 – 0.9 | 1.2 – 2.2 |
| Vapor a Aceite Medio | 0.4 – 0.8 | 1.0 – 2.0 |
| Vapor a Combustible C | 0.3 – 0.6 | 0.8 – 1.6 |
| Vapor a Brea Asfáltica | 0.3 – 0.5 | 0.4 – 1.2 |
| Vapor a Sulfuro Líquido | 0.5 – 0.7 | 0.7 – 0.9 |
| Vapor a Parafina Líquida | 0.5 – 0.7 | 0.8 – 1.0 |
| Vapor a Melaza o Jarabe | 0.4 – 0.8 | 1.4 – 1.8 |
| Dowtherm a Brea Asfáltica | 0.3 – 0.6 | 1.0 – 1.2 |

Tabla 29-3. Tabla para Conversión de Tamaños de Tuberías (Divídase los metros lineales de tubería entre el factor correspondiente al tamaño y tipo de tubería, y se obtendrá la superficie)

| Tamaño de Tubo In | Diámetro Exterior Real, mm | | Longitud/Área, m/m ² | |
|-------------------|----------------------------|-------------------|---------------------------------|---------------|
| | Tubo de Acero | Tubo de Cobre (1) | Tubo de Acero | Tubo de Cobre |
| 1/2 | 21.3 | 15.9 | 14.92 | 20.05 |
| 3/4 | 26.7 | 22.2 | 11.94 | 14.32 |
| 1 | 33.4 | 28.6 | 9.53 | 11.14 |
| 1 1/4 | 42.2 | 34.9 | 7.55 | 9.11 |
| 1 1/2 | 48.3 | 41.3 | 6.60 | 7.71 |
| 2 | 60.3 | 54.0 | 5.28 | 5.90 |
| 2 1/2 | 73.0 | 66.7 | 4.36 | 4.77 |
| 3 | 88.9 | 79.4 | 3.58 | 4.01 |
| 3 1/2 | 101.6 | 92.1 | 3.13 | 3.46 |
| 4 | 114.3 | 104.8 | 2.78 | 3.04 |
| 5 | 141.3 | 130.2 | 2.25 | 2.45 |
| 6 | 168.3 | 155.6 | 1.89 | 2.05 |
| 8 | 219.1 | 206.4 | 1.45 | 1.54 |
| 10 | 273.1 | 257.2 | 1.17 | 1.24 |
| 12 | 323.9 | 308.0 | 0.98 | 1.03 |

Cómo Trampear Ollas con Camisas de Vapor

Ollas con camisas (o chaquetas) de vapor son esencialmente ollas de cocido o concentradores con camisas o chaquetas de vapor alrededor de ellas. Se pueden encontrar en cualquier parte del mundo y en casi cualquier tipo de aplicación: empacadoras de carne, fábricas de papel y de azúcar, máquinas de derretido, procesadoras de frutas y vegetales, preparación de alimentos, y muchas otras más.

Existen básicamente dos tipos de ollas con camisas de vapor: con drenaje fijo por gravedad, y con drenaje inclinado por sifón. Cada tipo requiere de una forma especial para el trapeo del vapor, aunque los problemas principales son los mismos para ambos tipos.

El problema más grande de las ollas encamisadas es el aire encerrado dentro de las camisas de vapor, el cual tiene un efecto negativo en la temperatura del sistema. Ollas encamisadas son usualmente utilizadas en operaciones

por lotes o cargas, donde el mantener una temperatura uniforme o de "cocido" es crítico. Cuando se tiene demasiado aire en el sistema, la temperatura varía en un rango bastante amplio y puede resultar en que parte del producto acaba sobrecocido o quemado, y en general el proceso se hace más lento.

Específicamente, bajo ciertas condiciones con tan sólo un contenido en volumen del 0.5% de aire en el vapor, es suficiente para formar una capa aisladora en las superficies de transferencia de calor, lo cual reduce la eficiencia de la transferencia hasta en un 50%. Ver páginas 5 y 6.

Un segundo problema al usar ollas con camisas de vapor es la necesidad de remover el condensado en forma total y uniforme. Cualquier acumulación de condensado en las camisas resulta en un control de temperatura inestable, una menor capacidad de operación de la olla, y el riesgo de tener golpe de ariete.

Selección de Trampas para Ollas Encamisadas

La Tabla 31-1 lista las capacidades de trampa requeridas dependiendo del tamaño de la olla y las siguientes suposiciones: $U = 3.6 \text{ MJ/hr}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}$
Factor de seguridad de 3

EJEMPLO: ¿Cuál es la capacidad de trampa recomendada para una olla de 860mm drenada por gravedad y operando con vapor a 2.5 bar? Directamente de la gráfica se obtiene una capacidad de la trampa de 760 kg/hr a la presión de operación especificada.

Otro posible método para calcular la carga de condensado es mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{L \times sg \times C_p \times \Delta T \times 1}{H \times t}$$

Donde:

- Q = Carga de condensado, en kg/hr
- L = Volumen del líquido a ser calentado (liter)
- sg = Gravedad específica del líquido
- C_p = Calor específico del líquido (kJ/kg·°C)
- ΔT = Aumento de temperatura del líquido, °C
- 1 = kg/lit de agua
- H = Calor latente del vapor (kJ/kg)
- t = Tiempo de calentamiento del producto, en hr

Figura 30-1. Olla con Drenaje Fijo por Gravedad

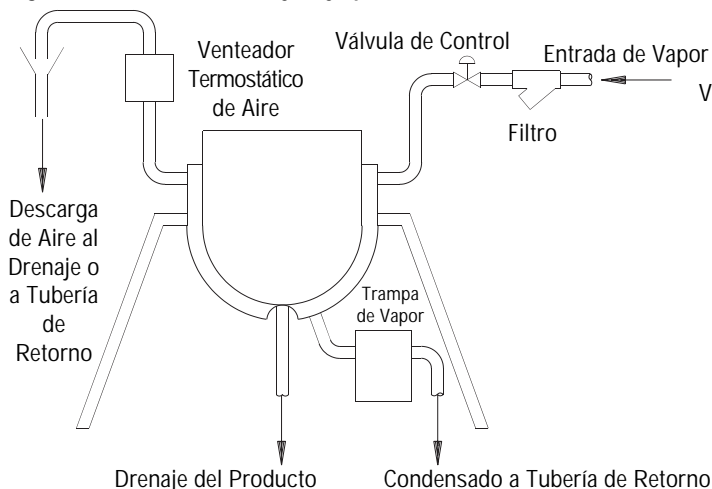


Figura 30-2. Olla con Drenaje Inclinado por Sifón

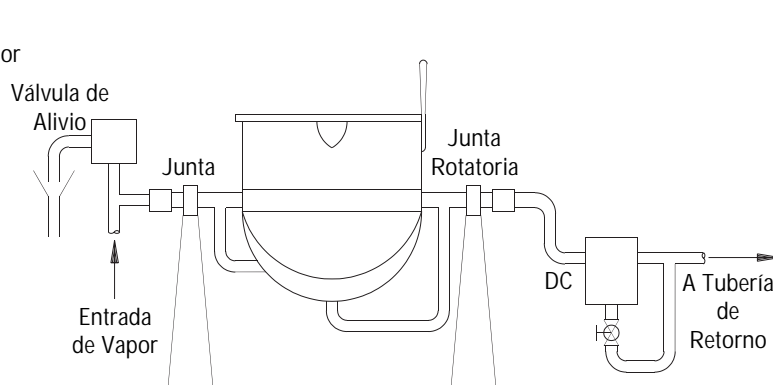


Tabla de Recomendaciones (Referirse a la Tabla en la contraportada B para información sobre los "CODIGOS").

| Equipo Siendo Trampeado | 1era Opción y Códigos | Otras Opciones |
|--|---------------------------------|--------------------|
| Ollas Encamisadas Drenaje por Gravedad | IBLV B, C, E, K, N, H | F&T o Termostática |
| Ollas Encamisadas Drenaje a Sifón | DC B, C, E, G, H, K, N, P | IBLV |

EJEMPLO: Seleccione una trampa para una olla de 1,000 litros, que usa vapor a una presión de 1.5 bar para calentar un producto (leche) de gravedad específica 1.03 y calor específico 3.84. La temperatura inicial es de 20°C, el producto se calentará hasta 80°C en media hora. (Supóngase un factor de seguridad de 3).

Usando la fórmula:

$$Q = \frac{1,000 \times 1.03 \times 3.84 \times 60}{2181 \times 0.5} = 217.6 \text{ kg/hr}$$

Ahora se debe de multiplicar la carga de condensado calculada por el factor de seguridad de 3, y se obtiene la carga de diseño de 653 kg/hr, la cual se debe de usar para seleccionar el tipo de trampa adecuado, y su capacidad.

Con base en los requerimientos y problemas típicos que se encuentran en ollas con drenaje fijo por gravedad, el tipo de trampa más eficiente es la de Balde Invertido (IB). La trampa de balde invertido ventea el aire y el CO₂ a la temperatura del vapor y ofrece operación eficiente en presencia de contrapresión.

La recomendación para ollas con drenaje inclinado por sifón es el Controlador Automático Diferencial de Condensado (DC). El cual, además de ofrecer las mismas ventajas que la de Balde Invertido, ofrece una capacidad excelente de venteo a bajas presiones, y una habilidad excelente para lidiar con vapor flash. Si se desea usar una trampa IB para operación con drenaje por sifón, se debe de especificar una trampa un tamaño más grande que el calculado.

Recomendaciones Generales Para Eficiencia Máxima

Rapidez de Cocido Deseada. El producto siendo cocido es un factor importante en la selección de trampas. Una fábrica con varias ollas encamisadas debe de llevar a cabo una serie de experimentos usando diferentes tamaños de trampas, para así poder determinar el tamaño que ofrece los mayores beneficios.

Alimentación de Vapor. Se deben de usar tuberías con capacidad de sobra para la alimentación de vapor a las ollas. Instálese la esprea de entrada en la parte superior de las camisas para obtener mejores resultados, y debe de estar ranurada para poder surtir de vapor en toda el área de la camisa o chaqueta de vapor.

Instalación

Las trampas se deben de instalar cerca de las ollas. Para obtener mejor capacidad de venteo y operación más confiable, se recomienda instalar un venteador de aire termostático en los niveles más altos de las camisas. Ver Figs. 30-1 y 30-2.

Nunca se deben de drenar dos o más ollas en una sola trampa. Trampeo en grupo resultará, sin lugar a dudas, en cortocircuito del sistema de drenado.

Tabla 31-1. Cargas de Condensado en kg/hr para Ollas Encamisadas - Superficie Hemisférica de Condensación

Factor de Seguridad de 3 ya está incluido

Se supone U = 3.6 mJ/hr·m²·°C, y temperatura inicial de 10°C

| Diámetro de la Olla | | Superficie de Transferencia de Calor m ² | Volumen en el Hemisferio litros | Vol. Arriba del Hemisferio litros por cm de altura | Condensación, kg/hr a la presión indicada | | | | | | | | |
|---------------------|------|---|---------------------------------|--|--|--------------|------------|--------------|--------------|------------|--------------|------------|------------|
| | | | | | Presión del vapor en bar (g) y temperatura | | | | | | | | |
| in | mm | | | | 0.3 107°C | 0.7 115°C | 1 120°C | 1.6 129°C | 2.5 139°C | 4 152°C | 5.5 162°C | 7 171°C | 9 180°C |
| 18 | 460 | 0.33 | 25.0 | 1.6 | 150 | 170 | 180 | 190 | 210 | 240 | 260 | 280 | 300 |
| 19 | 480 | 0.37 | 29.4 | 1.8 | 170 | 190 | 200 | 220 | 240 | 270 | 290 | 310 | 330 |
| 20 | 510 | 0.41 | 34.3 | 2.0 | 190 | 210 | 220 | 240 | 260 | 290 | 320 | 340 | 370 |
| 22 | 560 | 0.49 | 45.7 | 2.5 | 230 | 250 | 270 | 290 | 320 | 360 | 390 | 420 | 450 |
| 24 | 610 | 0.58 | 59.3 | 2.9 | 270 | 300 | 320 | 340 | 380 | 420 | 460 | 490 | 530 |
| 26 | 660 | 0.69 | 75.4 | 3.4 | 320 | 350 | 370 | 400 | 440 | 500 | 540 | 580 | 620 |
| 28 | 710 | 0.79 | 94.2 | 4.0 | 370 | 410 | 430 | 470 | 520 | 580 | 630 | 670 | 720 |
| 30 | 760 | 0.91 | 115.8 | 4.6 | 430 | 470 | 490 | 540 | 590 | 660 | 720 | 770 | 830 |
| 32 | 810 | 1.04 | 140.6 | 5.2 | 490 | 530 | 560 | 610 | 670 | 750 | 820 | 880 | 950 |
| 34 | 860 | 1.17 | 168.6 | 5.9 | 550 | 600 | 630 | 690 | 760 | 850 | 930 | 990 | 1070 |
| 36 | 910 | 1.31 | 200.2 | 6.6 | 620 | 670 | 710 | 770 | 850 | 960 | 1040 | 1110 | 1200 |
| 38 | 970 | 1.46 | 235.4 | 7.3 | 690 | 750 | 790 | 860 | 950 | 1060 | 1160 | 1240 | 1330 |
| 40 | 1020 | 1.62 | 274.6 | 8.1 | 760 | 830 | 880 | 960 | 1050 | 1180 | 1280 | 1370 | 1480 |
| 42 | 1070 | 1.79 | 317.8 | 8.9 | 840 | 920 | 970 | 1050 | 1160 | 1300 | 1420 | 1510 | 1630 |
| 44 | 1120 | 1.96 | 365.5 | 9.8 | 920 | 1010 | 1060 | 1160 | 1270 | 1430 | 1550 | 1660 | 1790 |
| 46 | 1170 | 2.14 | 417.6 | 10.7 | 1010 | 1100 | 1160 | 1260 | 1390 | 1560 | 1700 | 1820 | 1950 |
| 48 | 1220 | 2.33 | 474.5 | 11.7 | 1100 | 1200 | 1270 | 1380 | 1520 | 1700 | 1850 | 1980 | 2130 |
| 54 | 1370 | 2.96 | 675.5 | 14.8 | 1390 | 1520 | 1600 | 1740 | 1920 | 2150 | 2340 | 2500 | 2690 |
| 60 | 1520 | 3.65 | 926.7 | 18.2 | 1720 | 1870 | 1980 | 2150 | 2370 | 2650 | 2890 | 3090 | 3330 |
| 72 | 1830 | 5.25 | 1601.3 | 26.3 | 2470 | 2700 | 2850 | 3100 | 3410 | 3820 | 4160 | 4450 | 4790 |

Cómo Trampear Equipo con Cámaras de Vapor Cerradas y Estacionarias

El equipo con cámaras de vapor cerradas y estacionarias incluye planchas de placa para la fabricación de maderas compuestas y otros productos laminados, moldes con camisas de vapor para componentes de hule o plástico, hornos autoclave para curar y esterilizar, y retortas para cocido.

Productos Encerrados en Prensas con Camisas de Vapor

Productos moldeados de hule y de plástico, tales como estuches de baterías, juguetes, conexiones y llantas, son formados y curados en equipo de este tipo. Así como maderas laminadas que son comprimidas, pegadas y curadas (plywood). Máquinas de planchado de superficies planas en las lavanderías son una forma especializada de prensar con una cámara de vapor en un sólo lado del producto.

Selección de Trampas y Factor de Seguridad

La carga de condensado para equipo con cámaras de vapor cerradas y estacionarias se puede calcular mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$Q = A \times R \times S$$

Donde:

Q = Carga de condensado, en kg/hr

A = Área total de la superficie de las placas en contacto con el producto, en m²

R = Capacidad de condensación, en kg/m²/hr (Cuando se especifica la trampa, el valor de 35 kg/m²/hr se puede usar para la capacidad de condensación)

S = Factor de Seguridad

EJEMPLO: ¿Cuál es la carga de condensado en la placa de enmedio, de 600 mm 900 mm, en una prensa?

Usando la fórmula: $Q = 0.54 \times 35 \times 3 = 56.7 \text{ kg/hr}$
Sólo la mitad de esta carga se necesita en las placas de los extremos.

El factor de seguridad recomendado para este tipo de aplicaciones es de 3.

La trampa de Balde Invertido (IB) es la primera opción recomendada para cámaras con camisas de vapor, secadoras y planchadoras, ésto es debido a sus características para purgar el sistema, resistir impacto hidráulico y conservar energía en forma adecuada. El tipo de trampas de disco y la termostática son alternativas aceptables.

Instalación

Aún cuando la carga de condensado en cada plataforma es baja, trampeo unitario es esencial para prevenir cortocircuito, Fig. 32-1. Trampeo independiente garantiza temperatura máxima y uniforme para cada presión del vapor, ya que se tiene un drenado de condensado y un purgado de no-condensables bastante eficiente.

Inyección Directa de Vapor en la Cámara del Producto

Este tipo de equipo combina vapor con el producto con el propósito de curarlo, esterilizarlo o cocerlo. Ejemplos típicos son los hornos de autoclave usados en la fabricación de productos de hule o plástico, esterilizadores de ropas y de instrumento de cirugía, y retortas para cocimiento de alimentos y productos enlatados.

Selección de Trampas y Factores de Seguridad

Calcular la carga de condensado mediante la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{W \times C \times \Delta T}{H \times t}$$

Donde:

Q = Carga de condensado, en kg/hr

W = Peso del material, en kg

C = Calor específico del material, en kJ/kg°C (Ver página 50)

ΔT = Incremento en temperatura del material, en °C

H = Calor latente del vapor, en kJ/kg (de las Tablas de Vapor, página 2)

t = Tiempo de calentamiento del material, en horas

EJEMPLO: ¿Cuál será la carga de condensado en un horno autoclave que contiene 100 kg de un producto de hule que debe de ser calentado a una temperatura de 150°C, desde una temperatura de 20°C? El horno autoclave opera a una presión del vapor de 8 bar, y el proceso de precalentamiento se lleva 20 minutos. Usando la fórmula:

$$Q = \frac{100 \text{ kg} \times 1.74 \text{ kJ/kg} \cdot \text{°C} \times 130 \text{°C} \times 60}{2031 \text{ kJ/kg} \times 20} = 33.4 \text{ kg/hr}$$

Multiplíquese por el factor de seguridad recomendado de 3, y se obtiene la capacidad requerida de 100 kg/hr.

Figura 32-1. Producto Confinado en Prensas con Camisas de Vapor

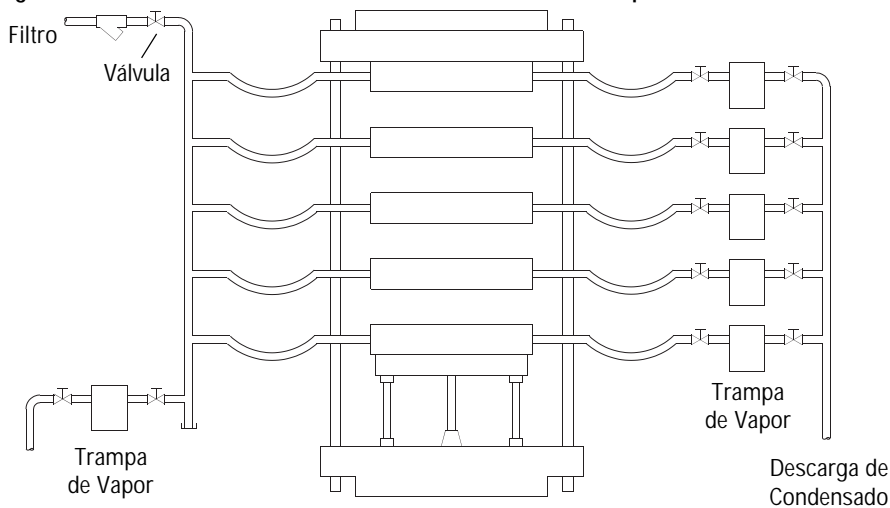


Tabla de Recomendaciones (Referirse a la Tabla en la contraportada B para información sobre los "CODIGOS").

| Equipo Siendo Trampeado | 1era Opción y Códigos | Otras Opciones |
|--|-------------------------|---------------------------|
| Producto Confinado en Prensa con Camisas de Vapor | IB B, K, E, A | CD y Termostática |
| Inyección de Vapor Directamente a la Cámara del Producto | *IB B, N, K, E, A, H | Termostática y F&T y **DC |
| Producto en Cámaras - Vapor en Camisas | *IB B, K, E, A, H | Termostática y F&T y **DC |

* Un ventilador adicional de aire es recomendado

** Primera opción para tanques de gran volumen

Se debe de esperar condensado con impurezas dado que el vapor está en contacto con el producto. Además, el tanque es una cámara de gran volumen que requiere de un sistema especial para purgado de condensados y de no-condensables. En base a estas razones, se recomienda la trampa de Balde Invertido (IB) con un venteador termostático adicional instalado en el nivel más alto de la cámara.

Cuando no se pueda instalar un venteador termostático en una localidad remota, se debe de integrar la capacidad de purgado de grandes volúmenes de aire en la trampa misma. Un Controlador Automático Diferencial de Condensado (DC) debe considerarse como posible primera opción para cámaras grandes. La otra alternativa, una trampa F&T o una termostática, es también adecuada pero se debe de instalar un filtro antes de la trampa, el cual debe de chequearse frecuentemente para garantizar flujo continuo.

Instalación

Debido a que se tiene el vapor y el producto en contacto dentro de las cámaras, la descarga de la trampa casi nunca puede ser regresada a la caldera, sino que debe ser enviada fuera del proceso. En casi todos los casos este tipo de equipo es drenado por gravedad hacia la trampa. Sin embargo, casi siempre se eleva el condensado después de la trampa, lo cual no representa un problema en la operación debido a que la presión del vapor es usualmente constante. Para tener un precalentamiento rápido y una descarga completa del aire, se recomienda la instalación de un venteador termostático de aire en el punto más alto del tanque. Ver Fig. 33-1.

Producto en la Cámara - Vapor en la Camisa

Hornos de autoclave, retortas y esterilizadoras son los equipos típicos con esta clase de configuración. En estos casos el condensado no está contaminado debido a que no hay contacto con los productos, y por lo tanto se puede regresar directamente a la caldera. Trampas de vapor con capacidad de purgado y de venteo de grandes volúmenes de aire son necesarias para tener una operación eficiente.

Selección de Trampas y Factor de Seguridad

El cálculo de la capacidad requerida en esta aplicación de equipos con “Producto en Cámara - Vapor en la Camisa” es basado en la misma fórmula que la aplicación de equipo con “Inyección Directa de Vapor”. El factor de seguridad es también de 3.

La trampa de Balde Invertido es la recomendada porque conserva vapor, purga el sistema, y resiste impacto hidráulico.

Se recomienda usar una trampa IB en combinación con un venteador termostático, en el nivel más alto de la cámara, para tener mayor capacidad para manejar aire y gases. Como una alternativa, se puede usar una trampa F&T o una termostática. En cámaras grandes, donde no es posible instalar un venteador de aire, un controlador automático diferencial de condensados (DC) se debe considerar como la primera opción de trampa.

Instalación

En este tipo de equipo “Producto en Cámara - Vapor en Camisa” no se tiene contacto entre el vapor o el condensado y el producto, por lo cual se pueden descargar en la tubería de retorno del sistema. Cuando sea posible se debe de instalar un venteador termostático en una localidad remota a un nivel alto en la cámara de vapor. Ver Fig. 33-2.

Figura 33-1. Inyección Directa de Vapor a la Cámara del Producto

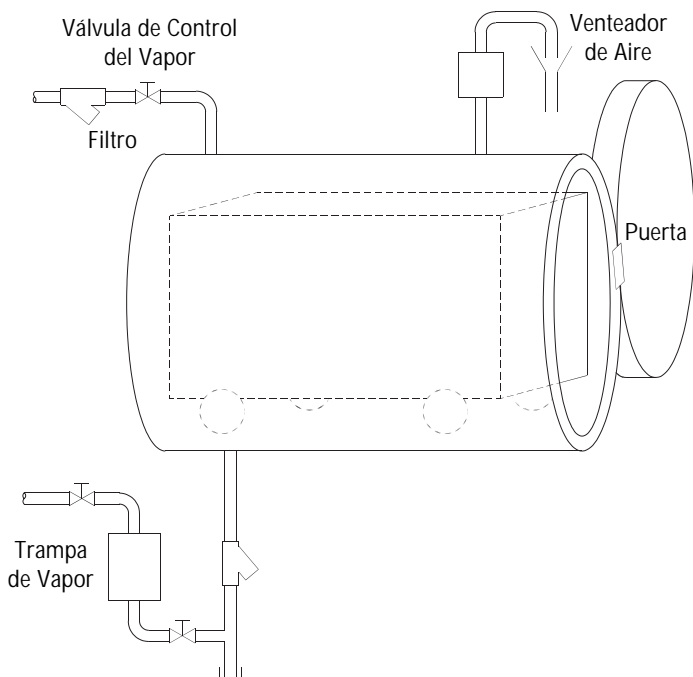
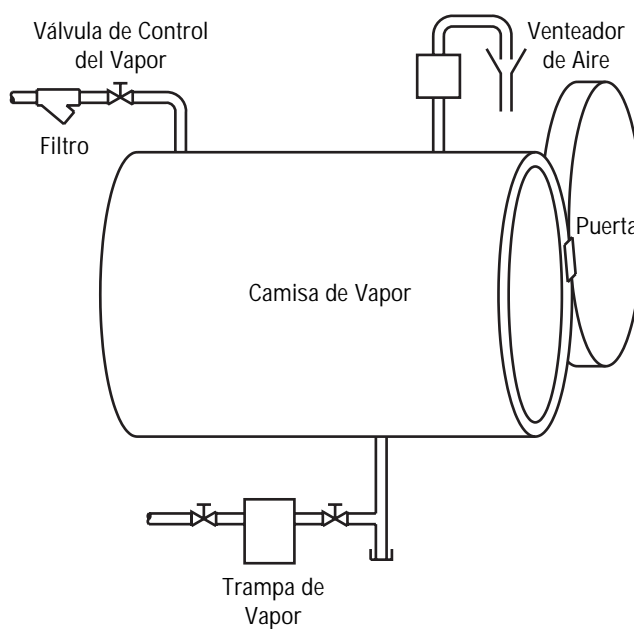


Figura 33-2. Producto en Cámara - Vapor en Camisas



Cómo Trampear Secadoras Rotatorias con Drenaje por Sifón

Existen dos tipos de secadoras rotatorias que varían de forma significativa en cuanto a método de funcionamiento y clases de aplicaciones. El primer sistema seca el producto al ponerlo en contacto con la superficie exterior de un cilindro lleno de vapor. El segundo sistema tiene el producto dentro de un cilindro rotatorio donde tubos con vapor secan el producto al entrar en contacto directo con el producto. En algunos casos también se usa una camisa de vapor alrededor del cilindro.

Factor de Seguridad

El factor de seguridad para ambos métodos de secado depende del tipo de drenaje que se ha instalado.

■ Si se ha especificado un controlador automático diferencial de condensado (DC), se debe de usar un factor de seguridad de 3, basado en la carga máxima. Así se tendrá suficiente capacidad para manejar el vapor flash, grandes cantidades de condensado, variaciones de presión, y el drenado de no-condensables. La trampa DC puede llevar a cabo estas operaciones en situaciones de presión constante y variable.

■ Si se ha especificado una trampa de balde invertido con venteador adicional se debe de incrementar el factor de seguridad para poder compensar por las grandes cantidades de vapor flash y de no-condensables que se tendrán que drenar. Se recomienda un factor de seguridad de 8 cuando se tiene operación a presión constante; y de 10 cuando es a presión variable.

Cilindro Rotatorio Lleno de Vapor con el Producto por Afuera

Este tipo de secadoras son utilizadas extensamente en la industria del papel, textil, plásticos y alimenticia, donde ejemplos típicos de equipo son los cilindros de secado, secadora de tambor, planchadoras de tintorería, y secadoras de papel. Su velocidad de operación varía desde 1 o 2 rpm hasta velocidades de 5,000 rpm. Presiones de operación del vapor varían desde presiones sub-atmosféricas hasta más de 14 bar. Los diámetros de los cilindros pueden variar desde 150 o 200 mm hasta 4 m o más. En todos los casos se requiere drenaje por sifón y se tendrá vapor flash junto con el condensado.

Selección de Trampas

La carga de condensado se puede calcular mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$Q = 3.14D \times R \times W$$

Donde:

Q = Carga de condensado, en kg/hr

D = Diámetro de la secadora, en m

R = Capacidad de condensación, en kg/m²·hr

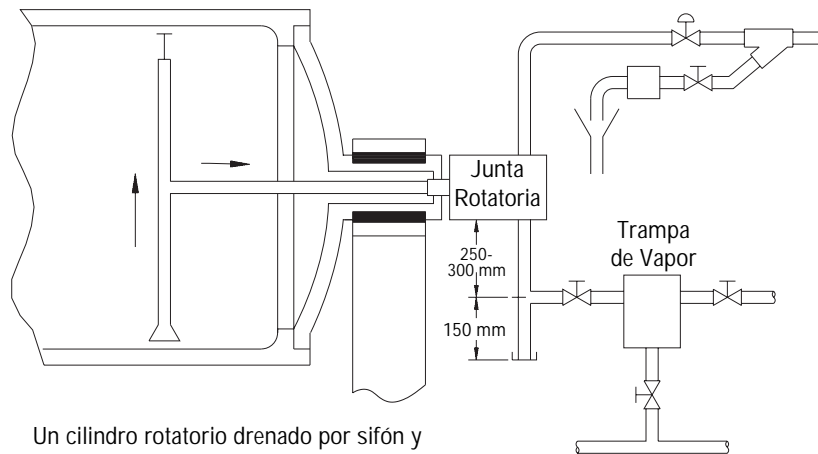
W = Ancho de la secadora, en m

EJEMPLO: Determinar la carga de condensado de una secadora de 1.5 m de diámetro, 4.0 m de ancho y una capacidad de condensación de 35 kg/m²·hr. Usando la fórmula:

$$Q = 3.14 \times 1.5 \times 35 \times 4 = 659.4 \text{ kg/hr}$$

Basado en su capacidad para lidiar con vapor flash, con bloques de condensado, y el purgado del sistema, un controlador DC es la primera recomendación. Una trampa IBLV puede ser apropiada si se selecciona siguiendo los pasos recomendados.

Figura 34-1. Secadora con Producto por Afuera



Un cilindro rotatorio drenado por sifón y rodeado de vapor. Parte del condensado se convierte en vapor flash debido al tubo con camisas de vapor del sifón, y a la elevación por el sifón del condensado durante el drenado.

Tabla de Recomendaciones (Referirse a la Tabla en la contraportada B para información sobre los "CODIGOS").

| Equipo Siendo Trampeado | 1era Opción y Códigos | Otras Opciones |
|-------------------------|---------------------------|----------------|
| Secadoras Rotatorias | DC A, B, K, M, P, N | IBLV* |

* Bajo presión constante se usa un factor de seguridad de 8, y bajo presión variable de 10.

Secadora Calentada por Vapor con Producto por Adentro

Este tipo de secadora tiene un amplio rango de aplicaciones en la industria de empacado de carne, así como en la industria del procesamiento de alimentos. Ejemplos comunes son las secadoras de granos, cocedoras rotatorias, y acondicionadores de alimentos.

La velocidad de rotación de estos equipos es relativamente baja, típicamente en el rango de unas cuantas rpm, mientras que la presión del vapor está en el rango de 0 a 10 bar. Estas velocidades de rotación bajas permiten que en casi todos los casos se acumule el condensado en el fondo de la cámara colectora. Nuevamente, drenaje por sifón es necesario y vapor flash se genera durante el drenado del condensado.

Selección de Trampas

La carga de condensado generada por estas secadoras se puede calcular mediante el uso de la siguiente fórmula:

$$Q = \frac{N \times L \times R}{P}$$

Donde:

Q = Carga de condensado, en kg/hr

N = Número de tubos

L = Longitud de cada tubo, en m

R = Capacidad de condensación, en kg/m²·hr (rango típico: 30 - 45 kg/m²·hr)

P = Longitud del tubo por superficie exterior, en m/m² (Ver Tabla 35-1)

EJEMPLO: ¿Cuál será la carga de condensado en un cocedor rotatorio con 30 tubos de acero de 32 mm y 4 m de longitud, y un factor de condensación de 39 kg/m²·hr? Usando la fórmula:

$$Q = \frac{30 \times 4 \times 39}{7.55} = 620 \text{ kg/hr}$$

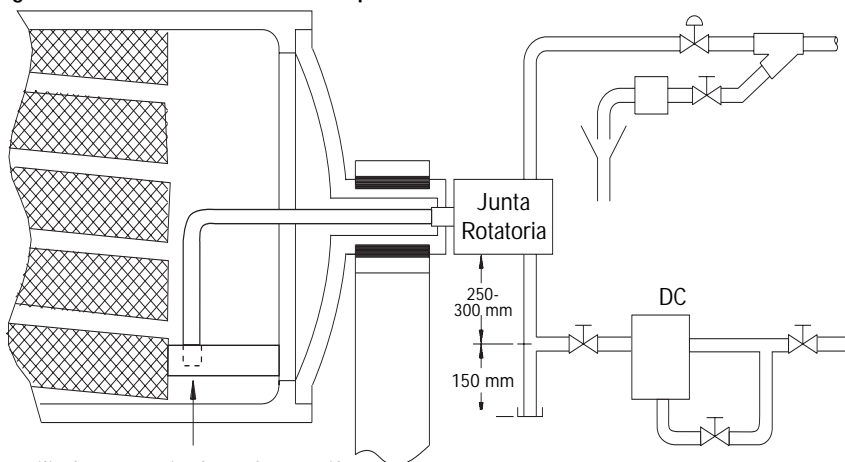
Un controlador automático diferencial de condensado (DC) es recomendado para este equipo de secado, debido a su capacidad de purgado y de manejo del vapor flash.

La trampa IBLV requiere de un proceso de selección apropiado para ciertas aplicaciones.

Instalación

En todos los casos el drenado del condensado se lleva a cabo a través de una junta rotatoria, Figs. 34-1 y 35-1. El controlador DC debe de ser instalado a 250 - 300 mm por debajo de la junta rotatoria, con un colector de suciedad de 150 mm. Este colector provee un lugar para depositar el condensado excesivo y para recoger cierta cantidad de sarro y suciedad del sistema.

Figura 35-1. Secadora con Producto por Adentro



Un cilindro rotatorio drenado por sifón y rodeado de vapor. Parte del condensado se convierte en vapor flash debido al tubo con camisas de vapor del sifón, y a la elevación por el sifón del condensado durante el drenado.

Tabla 35-1. Tabla para Conversión de Tamaños de Tuberías

(Dividarse los metros lineales de tubería entre el factor correspondiente al tamaño y tipo de tubería, y se obtendrá la superficie)

| Tamaño de Tubo in | Diámetro Exterior Real, mm | | Longitud/Area, m/m ² | |
|-------------------|----------------------------|-------------------|---------------------------------|---------------|
| | Tubo de Acero | Tubo de Cobre (1) | Tubo de Acero | Tubo de Cobre |
| 1/2 | 21.3 | 15.9 | 14.92 | 20.05 |
| 3/4 | 26.7 | 22.2 | 11.94 | 14.32 |
| 1 | 33.4 | 28.6 | 9.53 | 11.14 |
| 1 1/4 | 42.2 | 34.9 | 7.55 | 9.11 |
| 1 1/2 | 48.3 | 41.3 | 6.60 | 7.71 |
| 2 | 60.3 | 54.0 | 5.28 | 5.90 |
| 2 1/2 | 73.0 | 66.7 | 4.36 | 4.77 |
| 3 | 88.9 | 79.4 | 3.58 | 4.01 |
| 3 1/2 | 101.6 | 92.1 | 3.13 | 3.46 |
| 4 | 114.3 | 104.8 | 2.78 | 3.04 |
| 5 | 141.3 | 130.2 | 2.25 | 2.45 |
| 6 | 168.3 | 155.6 | 1.89 | 2.05 |
| 8 | 219.1 | 206.4 | 1.45 | 1.54 |
| 10 | 273.1 | 257.2 | 1.17 | 1.24 |
| 12 | 323.9 | 308.0 | 0.98 | 1.03 |

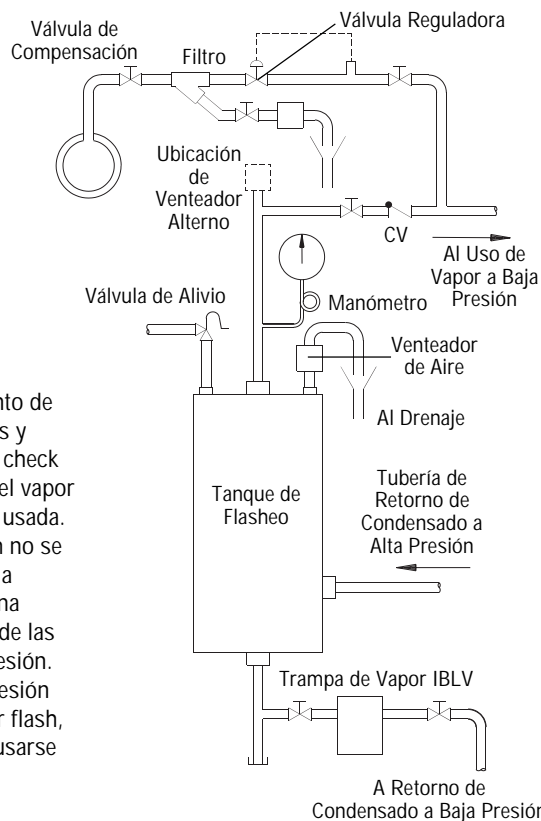
Cómo Trampear Tanques de Flasheo

Cuando se tiene condensado caliente o agua de la caldera que están a una presión dada y se vacían a una presión menor, una parte del líquido se evapora nuevamente, formando lo que se llama vapor flash. El contenido de calor del vapor flash es idéntico al del vapor vivo, a la misma presión. Muchas veces este calor del vapor flash es desperdiciado si se deja escapar a través del venteador del equipo receptor. Si se diseña e instala un sistema adecuado de recuperación del vapor flash, el calor latente contenido en ese vapor puede recuperarse y ser utilizado en sistemas de calefacción, o de calentamiento y precalentamiento de agua, aceite y otros líquidos, o de calentamiento en procesos a baja presión.

Si se tiene vapor de escape, se puede combinar con el vapor flash. En otras situaciones, al vapor flash se le tiene que añadir vapor vivo a baja presión para completar lo requerido. La cantidad de vapor flash generada realmente varía de acuerdo a las condiciones de presión. Al haber mayor diferencia de presiones entre la presión inicial del vapor y su presión de descarga, se tiene mayor generación de vapor flash.

Para calcular la cantidad exacta, en porcentaje, de vapor flash que se forma bajo ciertas condiciones, se debe usar la información en la página 3 de este Manual.

Figura 36-1. Diagrama Típico de las Tuberías en un Tanque de Flasheo



Tanque de vapor flash con complemento de vapor vivo. Se muestran los accesorios y conexiones recomendados. La válvula check en la tubería de entrada evita la fuga del vapor flash cuando la tubería no está siendo usada. El bypass se usa cuando el vapor flash no se puede usar. La válvula de alivio ayuda a prevenir un aumento en la presión y una posible interferencia con la operación de las trampas de vapor en el lado de alta presión. La válvula reguladora reduce la alta presión del vapor a la misma presión del vapor flash, de manera que pueden combinarse y usarse para calentamiento o en el proceso.

Selección de Trampas

La carga de condensado se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$Q = L - \frac{L \times P}{100}$$

Donde:

Q = Carga de condensado (que la trampa debe descargar), en kg/hr

L = Flujo de condensado al tanque de flasheo, en kg/hr

P = Porcentaje de flash

EJEMPLO: Calcular la carga de condensado en un tanque de flasheo que se mantiene a 0.7 bar y que recibe 2,300 kg/hr de condensado a 7 bar. De la página 3 se obtiene que el porcentaje de vapor es P = 10.5%. Usando la fórmula:

$$Q = 2,300 - (2,300 \times 10.5)/100 = 2,060 \text{ kg/hr}$$

Debido a la importante necesidad de conservar energía y de operar con contrapresión, el tipo de trampa más adecuado para situaciones donde se tiene un sistema para el vapor flash, es la de Balde Invertido con un venteador grande en el balde. Además, las trampas IB funcionan intermitentemente al mismo tiempo que ventean aire y CO₂ a la temperatura del vapor.

En algunos casos, las trampas del tipo de flotador y termostática son una alternativa válida. Una ventaja de estas trampas F&T es su capacidad para lidiar con grandes cargas de aire al arranque del equipo.

Referirse a la Gráfica 3-1 (página 3) para obtener el porcentaje de vapor flash que se forma cuando se descarga condensado a presión menor.

Una tercera opción, que puede ser la preferida en ciertos casos, es el controlador automático diferencial de condensado (DC). Este controlador combina las mejores cualidades de las dos opciones anteriores, y es recomendado para las cargas altas de condensado que sobrepasan la capacidad de separación del tanque de flasheo.

Factor de Seguridad

Debido al incremento en las cantidades de condensado al arranque del equipo, a las variaciones de las cargas de condensado durante operación normal, así como a las bajas presiones diferenciales, se recomienda un factor de seguridad de 3 para el trampeo de los tanques de flasheo.

Tabla de Recomendaciones (Referirse a la Tabla en la contraportada B para información sobre los "CODIGOS").

| Equipo Siendo Trampeado | 1era Opción y Códigos | Otras Opciones |
|-------------------------|--------------------------------|----------------|
| Tanques de Flasheo | IBLV B, E, M, L, I, A, F | F&T o *DC |

* Recomendada cuando las cargas de condensado sobrepasan la capacidad separadora del tanque de flasheo.

Instalación

Tuberías de retorno de condensado contienen tanto condensado como vapor flash. Para recuperar el vapor flash, el cabezal de retorno llega a un tanque de flasheo donde se drena el condensado, y el vapor es mandado hacia los puntos en que puede ser utilizado, Fig. 36-1. Debido a que un tanque de flasheo produce contrapresión en las trampas de vapor que descargan en el tanque, esas trampas deben de seleccionarse de manera que se garantice que funcionarán correctamente en la presencia de contrapresión, y que son capaces de lidiar con las cargas de condensado que se producen a las diferentes presiones diferenciales que ocurran.

Las tuberías de condensado deben de tener cierta inclinación para que descarguen en el tanque de flasheo. Y cuando se tengan varias tuberías de condensado alimentando el tanque, se debe de instalar una válvula check en cada una de ellas. De esta forma, cuando alguna de las líneas no esté en operación se evitará que exista contraflujo que resulte en el desperdicio del vapor flash. Si la trampa está operando a baja presión se debe de instalar un drenaje por gravedad hacia el colector de condensados.

En general la ubicación del tanque de flasheo se debe de designar en base a los requerimientos de que se tenga la máxima formación posible de vapor flash, y la mínima longitud de tuberías.

Las tuberías del condensado, el tanque de flasheo, y las tuberías del vapor a baja presión deben de ser aisladas térmicamente para prevenir la pérdida de vapor flash debido a radiación. No se recomienda el uso de una espesa en el tubo de alimentación al tanque debido a que se puede tapan, deteniendo el flujo de condensado y produciendo contrapresión en las trampas.

Equipo de baja presión que utiliza vapor flash debe de ser trapeado unitariamente, y debe de descargar a una tubería de retorno a baja presión. Se necesita ventear un gran volumen de aire en los tanques de flasheo, por lo cual se recomienda el uso de un venteador termostático que remueva el aire y evite que circule hacia el sistema de baja presión.

Dimensiones de los Tanques de Flasheo

Usualmente un tanque de flasheo puede ser fabricado con un tubo largo de diámetro grande, al que se le ponen tapas en sus extremos, ya sea con soldadura o con pernos. El tanque se instala en posición vertical. La salida del vapor se debe de tener en la parte superior, y la descarga del condensado en la parte inferior. La entrada del condensado debe de estar 150 - 200 mm más arriba que la descarga de condensado.

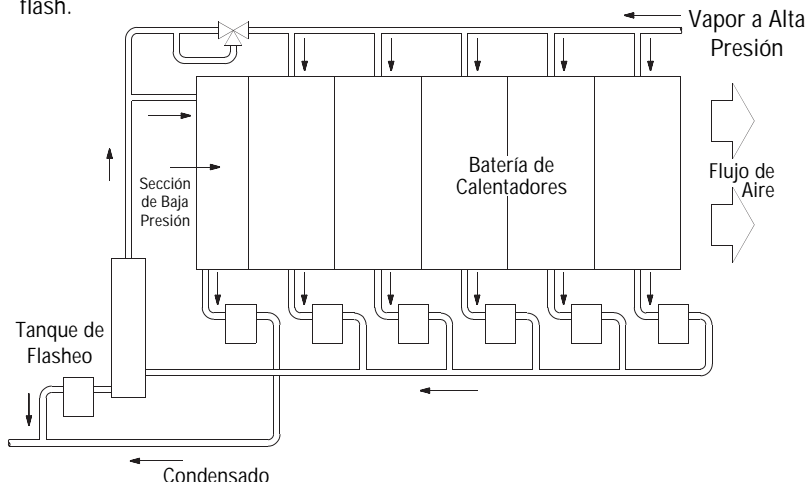
La dimensión importante es el diámetro interior. Esta dimensión debe de ser

suficientemente grande de manera que la velocidad del vapor flash hacia la salida en la parte superior no sea muy elevada, y así se minimiza la cantidad de líquido que se acarrea con el vapor flash. Si se puede mantener una velocidad baja entonces la altura del tanque no es importante, pero algo práctico es especificar una altura para el tanque de 0.7 a 1.0 m.

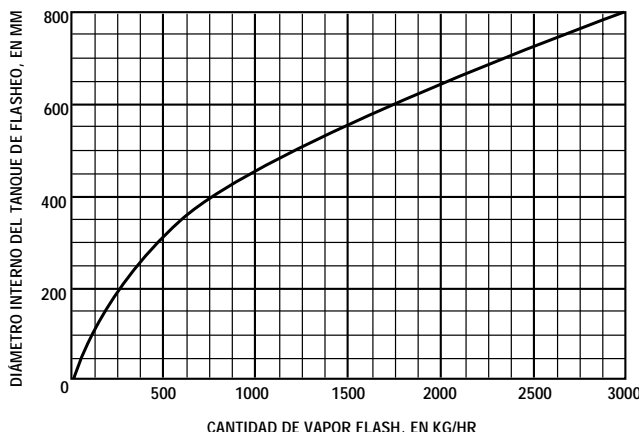
Se ha comprobado que a una velocidad del vapor dentro del tanque de 3 m/s se tiene bastante buena separación del vapor y el agua. Con base en esta velocidad se han calculado los diámetros internos apropiados para diferentes cantidades de vapor flash; los resultados están en la Gráfica 37-1. Esta gráfica define los mínimos diámetros interiores recomendados. De cualquier forma, siempre que sea conveniente se debe de usar un tanque más grande que el mínimo recomendado.

La Gráfica 37-1 no toma en cuenta la presión dentro del tanque, sólo el peso de los fluidos. Aún cuando el volumen de vapor y su velocidad hacia arriba son menores cuando se tiene más presión, debido a que el vapor es más denso, también se tiene una mayor tendencia de cebado. Así que se recomienda que a pesar de todo se use la Gráfica 37-1 para determinar el diámetro interior.

Figura 37-1. Recuperación de Vapor Flash en una Batería de Calentadores de Aire
Vapor flash se toma del tanque de flasheo y se combina con vapor vivo, al que se le redujo su presión — mediante una válvula reguladora — hasta la presión del vapor flash.



Gráfica 37-1. Valores de Diámetros Internos de Tanques de Flasheo para un Cantidad Dada de Vapor Flash
Cálculase la cantidad esperada de vapor flash (en kg/hr), y úsese para entrar a la gráfica en la escala horizontal; sígase hacia arriba hasta cruzar la curva; sígase hacia la izquierda hasta la escala vertical donde se puede leer el valor del diámetro (en mm).



Cómo Trampear Máquinas de Absorción

Una máquina de refrigeración por absorción enfría agua mediante la evaporación de una solución de agua, típicamente bromuro de litio. El agua fría se usa en aires acondicionados o en partes de un proceso. El vapor provee la energía para la parte de la concentración en el ciclo de enfriamiento; y fuera de las bombas eléctricas no se necesita ninguna otra fuente de energía durante todo el ciclo.

La trampa de vapor que se instale en una máquina de absorción debe de tener la habilidad de manejar grandes cantidades de condensado, y de purgar aire a baja presión en situaciones de presión variable.

Selección de Trampas y Factor de Seguridad

Determine la carga de condensado, en kg/hr, que se produce en una máquina de absorción de una etapa operando a baja presión (típicamente 1 bar manométrica o menos); ésto se logra multiplicando la capacidad de refrigeración (kW) por 2.6, que representa la cantidad de vapor que se necesita para producir 1 kW de refrigeración. Esta cantidad representa el consumo de vapor de la máquina a su capacidad nominal.

EJEMPLO: ¿Cuánto condensado se producirá en una máquina de absorción de un paso con una capacidad nominal de 2,000 kW?

Multiplicando 2,000 kW por 2.6 se obtiene la carga de condensado de 5,200 kg/hr

Un factor de seguridad de 2 se debe de aplicar a la carga total de condensado, y la trampa de vapor debe de ser capaz de drenar esa carga a una presión diferencial de 0.1 bar. En otras palabras, la máquina en el ejemplo anterior realmente requiere de una trampa capaz de procesar 10,400 kg/hr de condensado a 0.1 bar de presión, aparte de tener la capacidad de funcionar a la máxima presión diferencial (usualmente 1 bar).

Para efectos de comparación: las máquinas de absorción de dos pasos operan a mayores presiones de vapor, usualmente 10 bar (manométrica). La ventaja que tienen sobre las de un paso es que son más eficientes pues consumen menos energía: 1.6 kg/hr de vapor por kilowatt de refrigeración.

EJEMPLO: ¿Cuánto condensado será producido por un equipo de absorción de vapor de dos pasos con una capacidad nominal de 1,000 kW?

Muльтиplíquese los 1,000 kW de capacidad nominal de la máquina por 1.6 kg/hr para obtener la carga de condensado, que será de 1,600 kg/hr.

En máquinas de absorción de dos pasos o etapas se recomienda un factor de seguridad de 3. Así que la máquina en el ejemplo anterior requiere de una trampa con capacidad de 4,800 kg/hr. A presiones arriba de 2 bar la capacidad de la trampa se debe de lograr a la mitad de la máxima presión diferencial. A presiones menores de 2 bar, la capacidad de la trampa se debe de lograr a una presión diferencial de 0.15 bar. Sin embargo, las trampas también deben de ser capaces de funcionar a una presión máxima de entrada de 11 bar.

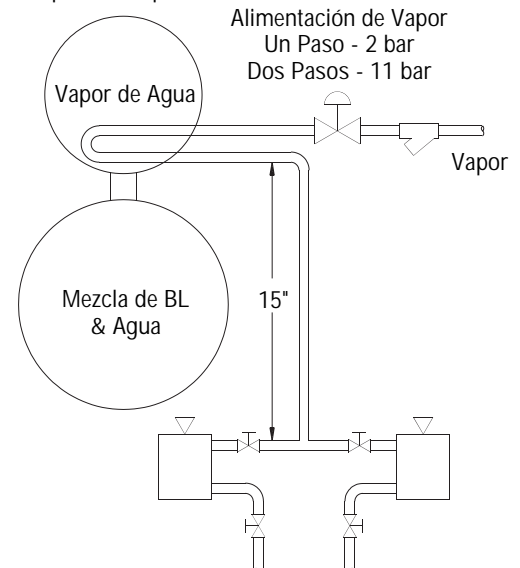
Las trampas F&T con un rompedor de vacío integrado son ideales para drenar las máquinas de absorción de uno y de dos pasos. Estas trampas ofrecen un flujo de condensado uniforme y modulado, así como una operación eficiente en energía. Las trampas de balde invertido con un eliminador termostático externo también pueden cumplir los requisitos en forma aceptable.

Instalación

Instale la trampa de vapor a un nivel más bajo que el serpentín del vapor en la máquina de absorción, y con una pierna colectora de al menos 400 mm (Fig. 38-1). Con ésto se asegura una presión diferencial en la trampa de al menos 0.04 bar. Independientemente de las trampas que se usen, se recomienda un sistema de trapeo de respaldo en este tipo de servicio. Así, cuando se tengan problemas o se le esté dando mantenimiento a uno de los sistemas de drenado se puede operar el equipo con el sistema de drenado de respaldo, lo cual asegura servicio continuo y sin interrupciones.

En los casos en que se tienen cargas de condensado bastante altas se sugiere que se usen dos trampas operando en paralelo, para así poder drenar normalmente esa carga.

Figura 38-1. Configuración generalmente aceptada para las tuberías de vapor en una máquina de absorción con sistema de trapeo de respaldo.



Trampa F&T con Rompedor de Vacío Integrado, Drenando a un Retorno por Gravedad

Tabla de Recomendaciones (Referirse a la Tabla en la contraportada B para información sobre los "CODIGOS").

| Equipo Siendo Trampeado | 1era Opción y Códigos | Otras Opciones |
|--------------------------------|-----------------------|----------------|
| Máquina de Absorción por Vapor | F&T A, B, G | *IB |

NOTA: Se debe de incluir rompedor de vacío y sistema de respaldo.

* Con ventilador termostático externo.

Selección de Trampas y Factores de Seguridad

Esta Tabla resume recomendaciones sobre las trampas que probablemente son las más eficientes para ciertas aplicaciones. Los valores de factor de seguridad recomendados

aseguran una operación sin problemas bajo condiciones cambiantes. Contacte a su representante de Armstrong para obtener información más específica sobre las trampas

y sobre los factores de seguridad recomendados.

| Aplicación | 1era Opción | 2da Opción | Factor de Seguridad |
|--|--------------------------------|------------------------------------|---|
| Cabezal de la Caldera (Sobrecalentado) | IBLV | F&T | 1.5 |
| | IBCV - Pulido | Wafer | Carga al Arranque |
| Tuberías Principales de Vapor & Ramales de las Tuberías (Sin Congelamiento) (Congelamiento) | IB (CV si la presión varía) | F&T | 2; 3 si estaría al final de la tubería, antes de la válvula, o en un ramal |
| | IB | Termostática o Disco | (Mismo que arriba) |
| Separador de Vapor Calidad del vapor del 90% o menos | IBLV | DC | 3 |
| | DC | | 3 |
| Venas de Vapor | IB | Termostática o Disco | 2 |
| Unidades de Calentamiento y de Manejo de Aire (Presión Constante) (Presión Variable 0 - 1 bar) (Presión Variable 1 - 2 bar) (Presión Variable > 2 bar) | IBLV | F&T | 3 |
| | F&T | IBLV | 2, a presión diferencial de 0.034 bar |
| | F&T | IBLV | 2, a presión diferencial de 0.14 bar |
| | F&T | IBLV | 3, a la mitad de la máxima presión diferencial |
| Radiadores Aletados & Tubos Serpentin (Presión Constante) (Presión Variable) | IB | Termostática | 2, normalmente; 3, para calentamiento rápido |
| | F&T | IB | 2, normalmente; 3, para calentamiento rápido |
| Calentadores de Aire de Proceso (Presión Constante) (Presión Variable) | IB | F&T | 2 |
| | F&T | IBLV | 3, a la mitad de la máxima presión diferencial |
| Máquina de Absorción de Vapor (Enfriador) | F&T | IB, con Venteador Externo | 2, a presión diferencial de 0.034 bar |
| Intercambiadores de Calor de Tubo y Coraza & Serpentes de Tubo y Estampados (Presión Constante) (Presión Variable) | IB | DC o F&T | 2 |
| | F&T | DC o IBT (IBLV, a más de 2 bar) | < 1 bar: 2, a 0.034 bar; 1 - 2 bar: 2, a 0.14 bar > 2 bar: 3, a la mitad de la máxima presión diferencial |
| Evaporadores de Un Paso y de Pasos Múltiples | DC | IBLV o F&T | 2; 3, con cargas de 22,700 kg/hr |
| Ollas con Camisas de Vapor (Drenado por Gravedad) (Drenado por Sifón) | IBLV | F&T o Termostática | 3 |
| | DC | IBLV | 3 |
| Secadoras Rotatorias | DC | IBLV | 3, para DC; 8, para IB a presión constante; 10, para IB presión variable |
| Tanques de Flasheo | IBLV | DC o F&T | 3 |

IBLV = Balde Invertido con Venteador Grande
 IBCV = Balde Invertido con Válvula Check Interna
 IBT = Balde Invertido con Venteador Térmico
 F&T = Flotador y Termostática
 DC = Controlador Diferencial de Condensado
 Thermo = Termostática

Use una IB con venteador de aire externo cuando se excedan las limitaciones de presión de la F&T, o si el vapor está sucio. Todos los factores de seguridad son para la presión diferencial de operación, al menos que se indique lo contrario.

Instalación y Prueba de las Trampas de Vapor Armstrong

Antes de la Instalación

Instálense los tubos a la trampa. Limpiar todas las tuberías, aplicándoles un chorro de vapor o de aire comprimido, antes de instalar la trampa. (Limpiar todas las mallas en los filtros después de este sopleteado).

El ABC para la Ubicación de la Trampa

Accesible para ser inspeccionada y ser reparada.

A bajo del punto de drenado, siempre que sea posible.

Cerca del punto de drenado.

Montaje de la Trampa. Para montajes típicos, véanse Figs. 40-1 a 43-4.

Las **Válvulas de Cierre** son necesarias antes de las trampas cuando se están usando para drenar tuberías principales de vapor, calentadores de agua grandes, etc., ya que no es posible parar el equipo o el sistema sólo para darles mantenimiento a las trampas. No se necesitan las válvulas de cierre en equipo pequeño calentado por vapor, como por ejemplo para una planchadora de tintorería. En estos casos es generalmente suficiente tener una válvula de cierre en la línea de alimentación de vapor a la máquina.

Las **Válvulas de Cierre** son necesarias en las tuberías de descarga de las trampas cuando la trampa tiene un bypass. Y son recomendadas cuando se tiene alta presión en el cabezal de descarga. Véase la sección de Válvulas Check.

Las **Tuberías de Bypass** (Figs. 41-3 y 41-4) no son recomendadas, debido a que si se dejan abiertas, básicamente eliminan la función y los beneficios de las trampas. Cuando sea absolutamente necesario tener servicio continuo, se deben de instalar dos trampas en paralelo, una como la unidad principal y la otra como la unidad de respaldo.

Juntas. Si sólo se usa una junta, ésta debe de estar en el lado de descarga de la trampa. Cuando se tengan dos juntas se debe de evitar su instalación en línea horizontal o vertical. La práctica más común es la instalación en ángulo recto, como se muestra en las Figs. 40-1 y 41-3, o en paralelo como en la Fig. 41-4.

Conexiones Estándar. Se simplifica la tarea de darle servicio a las trampas si se usa la misma longitud para los nipples de entrada y de salida en trampas del mismo tipo y tamaño. Una trampa de repuesto, ya con los accesorios y las medias juntas, se puede tener en inventario. Así, cuando cualquiera de las trampas necesite ser reparada, es una tarea bastante sencilla: desconectar las juntas, quitar la trampa descompuesta, poner la trampa de repuesto, y apretar las juntas. La trampa descompuesta ahora puede ser reparada en el taller, y una vez que esté funcionando correctamente, se le ponen los accesorios y las medias juntas y se manda al almacén de partes.

Las **Válvulas de Pruebas** (Fig. 40-1) son bastante útiles para cuando se quiere checar la operación de las trampas. Úsese una válvula de macho pequeña. Instálese una válvula check o una válvula de cierre en la tubería de descarga para aislar a la trampa cuando se le esté probando.

Figura 40-1.
Montaje Típico de Trampa IB

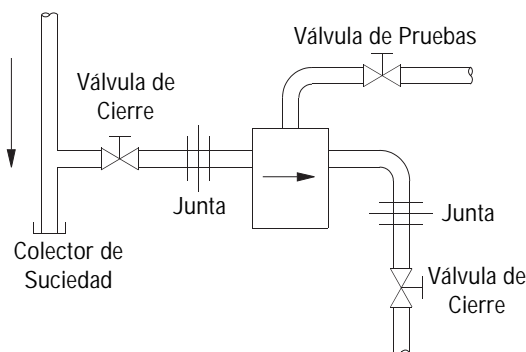
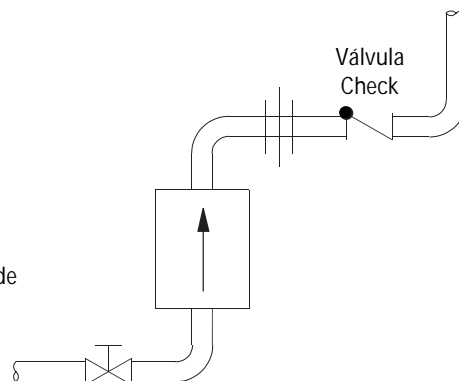


Figura 40-2.
Montaje Típico de Trampa IB con Entrada por Abajo



Filtros. Cuando se especifique por el fabricante, o cuando sea necesario debido a las condiciones de suciedad, se debe de instalar un filtro antes de las trampas. Ciertos tipos de trampas son más sensibles a la suciedad que otros - véase la Tabla de Recomendaciones en la contraportada.

Algunas trampas tienen filtros integrados. Cuando se utiliza una válvula para purga del filtro, se debe de cerrar la alimentación del vapor antes de abrir la válvula para purgar el filtro. El condensado acumulado en el cuerpo de la trampa se convertirá en vapor flash al pasar por la malla del filtro, ayudando para un mejor limpiado. Ábrase lentamente la válvula del vapor.

Los **Colectores de Suciedad** son excelentes para detener al óxido y la suciedad, lo cual elimina la erosión que ocurriría en codos y tuberías si no se tuviesen esos colectores de suciedad. Se deben de limpiar periódicamente.

Las **Instalaciones con Sifón** requieren de un sello de agua y, con excepción del controlador DC, de una válvula check dentro o antes de la trampa. El tubo del sifón debe de ser un tamaño menos que el tamaño nominal de la trampa, pero no menor a un tamaño de tubería de 15 mm.

Elevando el Condensado. No se debe de usar un tubo demasiado grande. De hecho, para mejores resultados se recomienda un tubo de un tamaño menos que el tamaño normal para este tipo de aplicaciones.

Las **Válvulas Check** son generalmente necesarias. Son obligatorias si no se ha instalado una válvula de cierre en la tubería de descarga. La Fig. 41-2 muestra tres posibles ubicaciones para las válvulas check externas - las trampas Armstrong de Balde Invertido están disponibles con válvulas check internas, mientras que las trampas de disco de por sí funcionan como válvulas check. Las recomendaciones para su ubicación se muestran en las figuras de abajo.

Las **Válvulas Check en las Tuberías de Descarga** evitan que se tenga contraflujo y al mismo tiempo aíslan a la trampa cuando la válvula de pruebas esté abierta. Se instala normalmente en la posición B. Pero se debe de instalar en la posición A cuando la tubería de retorno está a un nivel más elevado y la trampa está expuesta a condiciones de congelamiento, Fig. 41-2.

Las **Válvulas Check en las Tuberías de Entrada** evitan la pérdida del sello en la trampa cuando la presión se disminuye repentinamente, o cuando es una trampa IB que está a un nivel más alto que el punto de drenado. Se recomienda la Válvula Check de Acero Inoxidable de Armstrong, que es una válvula integrada al cuerpo de la trampa, posición D. Si se usa una válvula check giratoria, se debe de instalar en la posición C, Fig. 41-2.

Figura 41-2. Ubicaciones Posibles para Válvulas Check

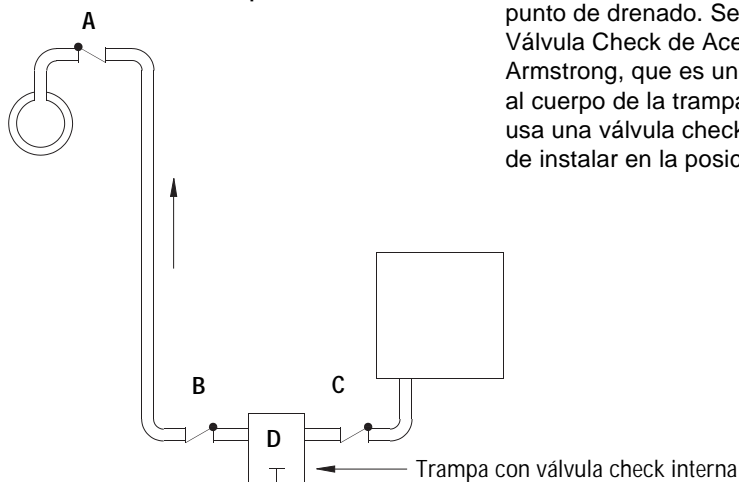


Figura 41-1. Montaje Típico de Trampa IB con Entrada por Abajo - Salida Lateral

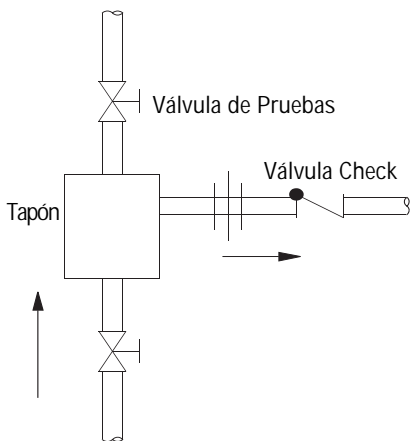


Figura 41-3. Montaje Típico de Trampa IB con Bypass

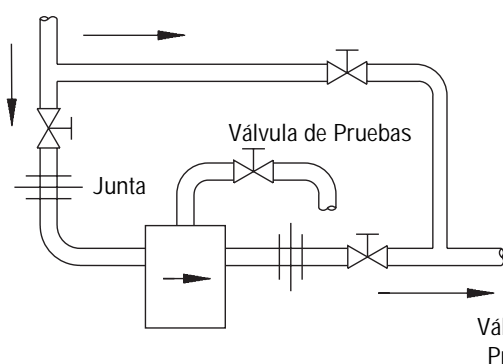
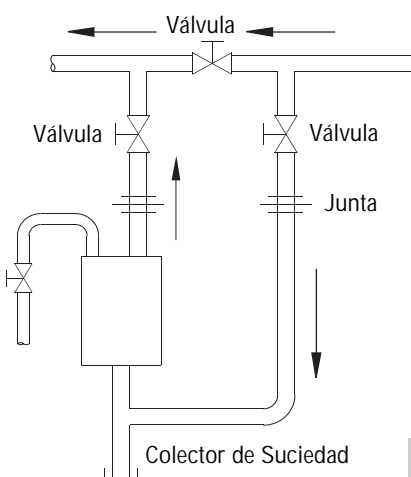


Figura 41-4. Montaje Típico de Trampa IB con Bypass, Entrada por Abajo - Salida Lateral



Pruebas a las Trampas de Vapor Armstrong

Programa de Chequeo

Para una máxima vida útil de la trampa y un mayor ahorro en vapor, se debe de tener un programa regular de chequeo y un programa para darles mantenimiento preventivo a las trampas. El tipo de trampa, su presión de operación y la importancia de la trampa son los factores principales que se utilizan para determinar la frecuencia de chequeo de las trampas.

Tabla 43-1.
Frecuencia Anual Sugerida para Chequeo de las Trampas

| Presión de Operación (bar) | Aplicación | | | |
|----------------------------|------------|-------|-----------|---------|
| | Goteo | Venas | Serpentín | Proceso |
| 0-7 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 7-17 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 17-30 | 2 | 2 | 3 | 4 |
| 30 o más | 3 | 3 | 4 | 12 |

Cómo Hacer las Pruebas

El método de la válvula de pruebas es el mejor. En la Fig. 40-1 se muestran las conexiones necesarias, con una válvula de cierre en la tubería de retorno para aislar la trampa del cabezal de retorno. Los siguientes factores deben de observarse cuidadosamente cuando la válvula de pruebas se abre:

1. *Descarga de Condensado.* Las trampas de balde invertido y las de disco deben de tener una descarga de condensado intermitente. Las trampas F&T deben de tener una descarga continua, mientras que las trampas termostáticas pueden operar intermitentes o continuas, dependiendo de la carga de condensado. Cuando una trampa IB tiene una carga de condensado extremadamente baja se tendrá una descarga continua de condensado en forma de goteo. Esta forma de operar es normal bajo esas condiciones.
2. *Vapor Flash.* Se debe tener cuidado de no confundir el vapor flash con una fuga de vapor a través de la trampa. El condensado a presión contiene más unidades de calor (kJ) por kilogramo que el condensado a la presión atmosférica. Cuando se descarga ese condensado, las unidades adicionales de calor re-evaporan cierta cantidad del condensado. Véase la información sobre vapor flash en la página 3.
Cómo Reconocer Vapor Flash: El personal al cuidado de las trampas comúnmente confunde vapor flash y una fuga de vapor vivo. Se pueden reconocer de la siguiente manera: Si el vapor escapa continuamente, en un chorro "azul", se tiene una fuga de vapor. Si el vapor sale, en forma intermitente (cada vez que la trampa descarga) y "flota" en una nube blanca, se tiene vapor flash.

3. *Escape Continuo de Vapor.* Problemas. Ver la página 44.
4. *No Hay Flujo.* Puede haber problemas. Ver la página 44.

La Prueba Acústica. Para esta prueba se usa un instrumento acústico de medición o se usa una barra de acero con un extremo tocando la tapa de la trampa y el otro extremo tocando el oído. Es posible notar la diferencia en sonidos entre la descarga intermitente de algunas trampas y la descarga continua de otras. Asimismo, es posible distinguir entre estos sonidos de trampas operando a condiciones normales y el sonido del flujo de vapor a alta velocidad escapándose por la trampa. Se necesita de mucha experiencia para utilizar correctamente este método ya que diversos ruidos y sonidos son transmitidos por las tuberías.

Método de Pruebas con Pirómetro. La validez de los resultados que se obtienen con este método dependen del diseño de la tubería de retorno y del diámetro del orificio de la trampa. Además, cuando se descarga a un cabezal de retorno o a una tubería general de retorno, puede ser que el incremento de temperatura que se observa a la salida de la trampa que se está checando sea debido a otra trampa que esté fallando. Se obtienen mejores resultados con el método acústico. Solicite el Boletín No. 310 de Armstrong.

Figura 43-1.
Montaje Típico de la Trampa F&T

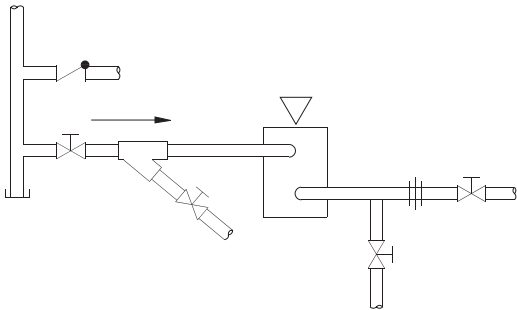


Figura 43-2.
Montaje Típico del Controlador DC

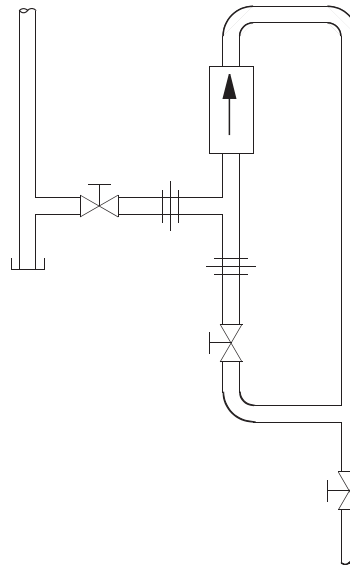


Figura 43-3.
Montaje Típico de la Trampa de Disco

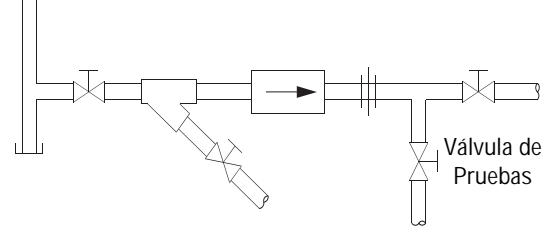
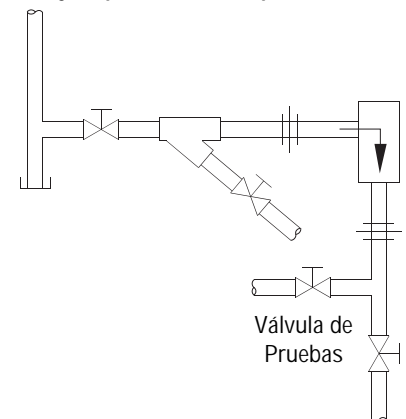


Figura 43-4.
Montaje Típico de la Trampa Termostática.



Diagnóstico y Reparación de las Trampas de Vapor Armstrong

El material en esta sección es bastante útil para localizar y corregir casi cualquier problema en las trampas de vapor. Varios de los problemas que se mencionan son problemas en el sistema, en vez de problemas con las trampas.

Se puede obtener información adicional más detallada, sobre ciertos productos y aplicaciones específicos, comunicándose con Armstrong o sus representantes.

Siempre que falle una trampa, y no existe una razón aparente para esa falla, se debe de observar cuidadosamente la descarga de la trampa. Ésta es una tarea sencilla si es que la trampa se ha instalado con una salida para pruebas; si éste no es el caso entonces será necesario desconectar la tubería de salida para observar la descarga.

Trampa Fría y Sin Descarga

Si la trampa no está descargando ningún condensado, entonces:

- A.** La presión puede ser demasiado alta.
 1. Se especificó la presión incorrecta para su selección.
 2. La presión se elevó sin haber instalado un orificio más pequeño.
 3. La válvula reguladora no funciona correctamente.
 4. Lectura baja en el manómetro para la presión de la caldera.
 5. El orificio se ha hecho más grande debido al desgaste normal.
 6. Un alto vacío en las tuberías de retorno incrementan la presión diferencial más allá de la máxima permitida para la trampa.
- B.** No llega condensado o vapor a la trampa.
 1. El filtro antes de la trampa está tapado.
 2. Fugas en la tubería de entrada a la trampa.
 3. Tubería o codos tapados.
- C.** Mecanismo desgastado o defectuoso.

Se debe de reparar o reemplazar lo que sea necesario.
- D.** Cuerpo de la trampa está lleno de suciedad. Se debe de instalar un filtro, o se debe de remover la suciedad en donde se está generando.
- E.** Para trampas IB, el venteador en el balde está lleno de suciedad.

Se evita mediante:

 1. La instalación de un filtro.
 2. Aumento ligero del tamaño del venteador.
 3. El uso de un alambre limpiador en el venteador del balde.

F. Para trampas F&T, si el venteador de aire no está funcionando en forma correcta, muy probablemente está trabado por aire.

G. Para trampas termostáticas, partes del fuelle se pueden romper debido a impacto hidráulico, lo que causaría que la trampa falle cerrada.

H. Para trampas de disco, puede ser que la trampa se instaló invertida.

Trampa Caliente y Sin Descarga

- A.** No está llegando condensado a la trampa.
 1. La trampa se instaló más arriba que una válvula de bypass con fuga.
 2. El tubo del drenaje por sifón en un tanque está roto o dañado.
 3. Vacío en el serpentín del calentador de agua evita el drenaje. Se debe de instalar un rompedor de vacío entre el intercambiador de calor y la trampa.

Pérdida de Vapor

Si la trampa está dejando escapar vapor vivo, se puede deber a cualquiera de los siguientes problemas:

- A.** Válvula no cierra en su asiento.
 1. Pedazo de óxido incrustado en el orificio.
 2. Partes desgastadas.
- B.** Trampas IB pierden su ciclo.
 1. Si la trampa está descargando vapor vivo, ciérrase la válvula de entrada por unos minutos. Vuélvase a abrir gradualmente. Si la trampa recupera su ciclo de operación entonces muy probablemente la trampa no tiene ningún problema.
 2. Típicamente la pérdida del ciclo en una trampa se debe a cambios frecuentes y repentinos en la presión del vapor. En estos casos se recomienda la instalación de una válvula check, en el punto C o el D en la Fig. 41-2. Cuando sea posible se debe de instalar la trampa muy por debajo del punto de drenado.

C. Para trampas F&T y termostáticas, los elementos termostáticos pueden tener problemas para cerrar.

Flujo Continuo

Si una trampa IB o una de disco está descargando continuamente, o si una trampa F&T o una termostática descarga a su máxima capacidad, se debe de checar lo siguiente:

- A.** Trampa demasiado pequeña.
 1. Una trampa más grande, o trampas adicionales, se debe de instalar en paralelo.

2. Trampas para altas presiones se pueden estar utilizando en aplicaciones a baja presión. Instálese un mecanismo interno del tamaño adecuado.

B. Agua en condiciones anormales. La caldera, al estar formando espuma o al estar sobrecargada, lanza grandes cantidades de agua en las tuberías del vapor. Se debe de instalar un separador o se deben de corregir las condiciones del agua de alimentación a la caldera.

Calentamiento Lento

Cuando la trampa está operando de manera correcta pero la unidad no calienta de forma adecuada, entonces:

- A.** Una o más de las unidades están en cortocircuito. La solución es instalar una trampa en cada unidad. Ver página 14.
- B.** Las trampas pueden ser demasiado pequeñas para la aplicación dada, aún cuando parezca que están descargando el condensado de una manera eficiente. Se deben de probar trampas de un tamaño más grande.
- C.** La trampa tiene capacidad insuficiente para lidiar con el aire presente, o el aire puede no estar llegando hasta la trampa. En ambos casos se debe de usar un venteador de aire adicional.

Problemas Misteriosos

Si la trampa está funcionando de manera satisfactoria cuando descarga a la atmósfera, pero se tienen problemas cuando su descarga se conecta a una tubería de retorno, se debe de checar lo siguiente:

- A.** La contrapresión puede estar disminuyendo la capacidad de la trampa.
 1. La tubería de retorno es demasiado pequeña - trampa caliente.
 2. Otras trampas están descargando vapor - trampa caliente.
 3. El venteador atmosférico en el receptor del condensado está tapado - trampa fría o caliente.
 4. La tubería de retorno está obstruida - trampa caliente.
 5. Vacío excesivo en la tubería de retorno - trampa fría.

Problemas Imaginarios

Si se tiene la impresión de que se está escapando vapor cada vez que la trampa descarga, recuérdese que: el condensado caliente genera vapor flash al ser descargado a una presión menor, pero generalmente se condensa más rápido en la tubería de retorno. Ver la Gráfica 3-2 en la página 3.

Definiendo el Diámetro de las Tuberías de Suministro y de Retorno de Condensados

Definiciones

Tuberías Principales de Vapor o Tuberías Principales llevan el vapor desde la caldera hasta el lugar en la planta en donde se encuentran varios equipos que utilizan el vapor.

Ramales de Vapor llevan el vapor desde las tuberías principales de vapor hasta los equipos calentados con vapor.

Tuberías de Descarga del Vapor llevan el condensado y el vapor flash desde la trampa hasta la tubería de retorno.

Tuberías de Retorno de Condensado reciben el condensado de varias tuberías de descarga de trampas y lo llevan de regreso a la caldera.

NOTA: Los rangos de velocidad mostrados en las tablas de Capacidades de las Tuberías de Vapor, Tablas 45-1 a 46-4, pueden ser usados como una guía general cuando se quiere definir el diámetro de las

tuberías de vapor. Todos los flujos de vapor hacia arriba de un color específico son menores que el correspondiente a la velocidad mostrada en la tabla de los colores.

Diámetro de Tuberías

Hay dos factores principales que definen el diámetro de las tuberías en un sistema de vapor:

1. La presión inicial en la caldera y la caída de presión permitida para todo el sistema de tuberías. La caída total de presión en el sistema no debe de exceder 20% de la presión máxima en la caldera. Este valor debe incluir todas las caídas: en los tubos, en los codos, en las válvulas, etc. Recuérdese que una caída de presión es una pérdida de energía.
2. Velocidad del vapor. Erosión y ruido aumentan la velocidad. Velocidades recomendadas para vapor de proceso son de

30 a 60 m/s; y normalmente se tienen velocidades más bajas en sistemas de calentamiento a presiones más bajas.

Otro factor es crecimiento en el futuro. El tamaño de las tuberías se debe de definir en base a las condiciones contempladas para el futuro. Si no se está seguro sobre el futuro, se debe recordar que se tendrán menos problemas con una tuberías de diámetro más grande que el requerido, que con una tubería de tamaño apenas suficiente para la carga en el sistema.

La tabla de abajo proporciona la designación de colores y las velocidades correspondientes

| Arriba De | Velocidad Menor Que |
|-----------|---------------------|
| Violeta | 30 m/sec |
| Amarillo | 40 m/sec |
| Azul | 50 m/sec |
| Rojo | 60 m/sec |
| Verde | 75 m/sec |

Tabla 45-1. Capacidad de Tuberías de Vapor a 0.3 bar - Tubo Cédula 40

| Tamaño de Tubería (in) | Caída de Presión, Pa/m | | | | |
|------------------------|------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 30 | 60 | 120 | 180 | 240 |
| 1/2 | 1.8 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 3/4 | 5 | 7 | 10 | 12 | 14 |
| 1 | 11 | 14 | 20 | 25 | 28 |
| 1 1/4 | 24 | 31 | 45 | 55 | 64 |
| 1 1/2 | 37 | 46 | 69 | 83 | 96 |
| 2 | 73 | 96 | 138 | 170 | 198 |
| 2 1/2 | 124 | 161 | 230 | 280 | 326 |
| 3 | 225 | 299 | 423 | 519 | 597 |
| 3 1/2 | 335 | 446 | 629 | 772 | 891 |
| 4 | 478 | 629 | 891 | 1 094 | 1 263 |
| 5 | 886 | 1 167 | 1 654 | 2 026 | 2 338 |
| 6 | 1 451 | 1 915 | 2 715 | 3 330 | 3 840 |
| 8 | 3 027 | 3 987 | 5 654 | 6 931 | 7 992 |
| 10 | 5 521 | 7 275 | 10 316 | 12 645 | 14 588 |
| 12 | 8 860 | 11 676 | 16 558 | 20 297 | 23 411 |

Tabla 45-4. Capacidad de Tuberías de Vapor a 4 bar - Tubo Cédula 40

| Tamaño de Tubería (in) | Caída de Presión, Pa/m | | | | | | |
|------------------------|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 30 | 60 | 120 | 180 | 240 | 450 | 1200 |
| 1/2 | 3.7 | 6 | 8 | 10 | 12 | 16 | 25 |
| 3/4 | 9 | 13 | 18 | 23 | 26 | 36 | 59 |
| 1 | 18 | 26 | 37 | 46 | 53 | 73 | 119 |
| 1 1/4 | 41 | 59 | 82 | 101 | 117 | 160 | 261 |
| 1 1/2 | 64 | 91 | 129 | 158 | 182 | 249 | 406 |
| 2 | 130 | 130 | 260 | 318 | 369 | 504 | 825 |
| 2 1/2 | 214 | 304 | 429 | 525 | 607 | 830 | 1 355 |
| 3 | 393 | 555 | 779 | 963 | 1 110 | 1 521 | 2 488 |
| 3 1/2 | 588 | 829 | 1 175 | 1 438 | 1 661 | 2 271 | 3 714 |
| 4 | 829 | 1 175 | 1 663 | 2 056 | 2 350 | 3 221 | 5 253 |
| 5 | 1 530 | 2 170 | 3 069 | 3 755 | 4 350 | 5 934 | 9 723 |
| 6 | 2 523 | 3 560 | 5 046 | 6 184 | 7 119 | 9 771 | 15 943 |
| 8 | 5 235 | 7 419 | 10 506 | 12 856 | 14 837 | 20 322 | 33 223 |
| 10 | 9 584 | 13 547 | 19 123 | 23 500 | 27 140 | 37 142 | 60 455 |
| 12 | 15 344 | 21 703 | 30 734 | 37 669 | 43 544 | 59 428 | 97 042 |

Tabla 45-2. Capacidad de Tuberías de Vapor a 1.0 bar - Tubo Cédula 40

| Tamaño de Tubería (in) | Caída de Presión, Pa/m | | | | | |
|------------------------|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 30 | 60 | 120 | 180 | 240 | 450 |
| 1/2 | 2.3 | 3.7 | 5 | 6 | 7 | 10 |
| 3/4 | 6 | 8 | 12 | 15 | 17 | 23 |
| 1 | 13 | 18 | 25 | 30 | 35 | 49 |
| 1 1/4 | 27 | 38 | 56 | 65 | 74 | 103 |
| 1 1/2 | 42 | 60 | 83 | 102 | 120 | 161 |
| 2 | 83 | 120 | 171 | 208 | 241 | 332 |
| 2 1/2 | 139 | 199 | 278 | 343 | 398 | 543 |
| 3 | 259 | 366 | 514 | 630 | 727 | 996 |
| 3 1/2 | 384 | 546 | 769 | 945 | 1 088 | 1 489 |
| 4 | 546 | 769 | 1 088 | 1 334 | 1 542 | 2 108 |
| 5 | 1 010 | 1 426 | 2 015 | 2 469 | 2 853 | 3 901 |
| 6 | 1 658 | 2 343 | 3 311 | 4 052 | 4 687 | 6 408 |
| 8 | 3 450 | 4 877 | 6 891 | 8 438 | 9 754 | 13 336 |
| 10 | 6 299 | 8 901 | 12 574 | 15 399 | 17 798 | 24 336 |
| 12 | 10 110 | 14 283 | 20 179 | 24 717 | 28 571 | 39 058 |

Tabla 45-5. Capacidad de Tuberías de Vapor a 7 bar - Tubo Cédula 40

| Tamaño de Tubería (in) | Caída de Presión, Pa/m | | | | |
|------------------------|------------------------|--------|--------|--------|---------|
| | 120 | 180 | 240 | 450 | 1200 |
| 1/2 | 10 | 12 | 4 | 20 | 32 |
| 3/4 | 24 | 29 | 33 | 45 | 75 |
| 1 | 47 | 56 | 66 | 91 | 150 |
| 1 1/4 | 103 | 127 | 146 | 200 | 324 |
| 1 1/2 | 160 | 197 | 226 | 310 | 508 |
| 2 | 324 | 400 | 461 | 633 | 1 030 |
| 2 1/2 | 536 | 658 | 762 | 1 038 | 1 697 |
| 3 | 983 | 1 204 | 1 392 | 1 903 | 3 108 |
| 3 1/2 | 1 467 | 1 801 | 2 078 | 2 845 | 4 640 |
| 4 | 2 078 | 2 548 | 2 943 | 4 024 | 6 563 |
| 5 | 3 841 | 4 711 | 5 444 | 7 442 | 12 148 |
| 6 | 6 309 | 7 734 | 8 942 | 12 218 | 19 938 |
| 8 | 13 131 | 16 102 | 18 608 | 25 432 | 41 503 |
| 10 | 23 962 | 29 383 | 33 957 | 46 385 | 75 737 |
| 12 | 38 461 | 47 154 | 54 488 | 74 470 | 121 528 |

Tabla 45-3. Capacidad de Tuberías de Vapor a 2.0 bar - Tubo Cédula 40

| Tamaño de Tubería (in) | Caída de Presión, Pa/m | | | | | |
|------------------------|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 30 | 60 | 120 | 180 | 240 | 450 |
| 1/2 | 3.2 | 4.6 | 6 | 8 | 9 | 13 |
| 3/4 | 7 | 10 | 15 | 18 | 21 | 29 |
| 1 | 15 | 21 | 30 | 36 | 42 | 58 |
| 1 1/4 | 32 | 46 | 66 | 80 | 93 | 127 |
| 1 1/2 | 51 | 72 | 102 | 125 | 144 | 197 |
| 2 | 103 | 146 | 206 | 252 | 291 | 399 |
| 2 1/2 | 170 | 240 | 339 | 416 | 480 | 658 |
| 3 | 312 | 440 | 619 | 763 | 880 | 1 203 |
| 3 1/2 | 457 | 649 | 928 | 1 141 | 1 316 | 1 798 |
| 4 | 656 | 933 | 1 316 | 1 612 | 1 859 | 2 549 |
| 5 | 1 212 | 1 718 | 2 429 | 2 979 | 3 441 | 4 718 |
| 6 | 1 993 | 2 817 | 3 995 | 4 895 | 5 634 | 7 736 |
| 8 | 4 156 | 5 865 | 8 313 | 10 160 | 11 740 | 16 098 |
| 10 | 7 574 | 10 714 | 15 379 | 18 589 | 21 475 | 29 401 |
| 12 | 12 169 | 17 203 | 24 246 | 29 788 | 34 406 | 47 176 |

Tabla 45-6. Capacidad de Tuberías de Vapor a 10 bar - Tubo Cédula 40

| Tamaño de Tubería (in) | Caída de Presión, Pa/m | | | | |
|------------------------|------------------------|--------|--------|--------|---------|
| | 120 | 180 | 240 | 450 | 1200 |
| 1/2 | 11 | 14 | 16 | 23 | 37 |
| 3/4 | 27 | 33 | 38 | 53 | 86 |
| 1 | 54 | 67 | 77 | 106 | 173 |
| 1 1/4 | 120 | 148 | 170 | 234 | 382 |
| 1 1/2 | 187 | 230 | 266 | 363 | 592 |
| 2 | 380 | 464 | 537 | 735 | 1 204 |
| 2 1/2 | 624 | 767 | 886 | 1 233 | 1 978 |
| 3 | 1 139 | 1 406 | 1 621 | 2 219 | 3 626 |
| 3 1/2 | 1 713 | 2 097 | 2 422 | 3 312 | 5 433 |
| 4 | 2 417 | 2 961 | 3 421 | 4 690 | 7 666 |
| 5 | 4 470 | 5 493 | 6 342 | 8 680 | 14 183 |
| 6 | 7 346 | 9 024 | 10 387 | 14 264 | 23 222 |
| 8 | 15 307 | 18 752 | 21 674 | 29 689 | 48 492 |
| 10 | 27 966 | 34 209 | 39 502 | 54 157 | 88 394 |
| 12 | 44 896 | 55 034 | 63 474 | 86 844 | 141 879 |

Tuberías Principales

El diseño y la especificación de tuberías de vapor de alta capacidad es un problema complejo que se le debe de asignar a un ingeniero con experiencia.

Las Tablas 45-1 a 46-4 son una buena ayuda cuando se quiere checar si el tamaño de la tubería principal es adecuado, o si se quiere especificar el tamaño de las tuberías principales en plantas pequeñas. Por ejemplo, si se tiene una tubería principal de vapor con diámetro de 75 mm que está alimentando un departamento en una planta con 1,350 kg/hr a 7 bar. ¿Se puede incrementar el flujo a ese departamento hasta 2,900 kg/hr en la misma tubería? La Tabla 45-6 muestra que se tiene una caída de presión de 240 Pa/m (= 0.24 bar/100 m) de tubería de 75 mm a una capacidad de 1,350 kg/hr. Y al incrementar el flujo a 2,900 kg/hr se tiene ahora una caída de presión de 1200 Pa/m (= 1.2 bar/100 m), a una velocidad menor a 50 m/sec. Esta velocidad es aceptable, y si la caída de presión también lo es, entonces se puede usar la tubería existente de 75 mm con el nuevo flujo. Sin embargo, si la nueva caída de presión es demasiado grande, se tendría que instalar una nueva tubería de 75 mm, o se tendría que reemplazar la existente por una de 100 mm, la cual puede tener un flujo de 2,900 kg/hr con una caída de presión de alrededor 240 Pa/m (= 0.24/100 m), y con una velocidad de menos de 30 m/sec.

Tuberías Ramales de Vapor

Cuando se piensa instalar un equipo nuevo, de procesado o de calentamiento, en una planta existente es bastante apropiado usar las Tablas 45-1 a 46-4 para determinar el tamaño de la tubería necesaria desde la tubería principal hasta el equipo nuevo. La forma de usar estas tablas se puede describir y entender mejor mediante el uso de un ejemplo:

Supóngase que una caldera opera a una presión de 1 bar y alimenta a una máquina de absorción de vapor con una capacidad de 300 ton y que opera a una presión de 0.83 bar. Existe una caída de presión de 0.17 bar en las tuberías del vapor, y el equipo de absorción tiene una capacidad de condensación de 2,725 kg/hr. El ramal de la tubería es de 15 m de longitud y tiene tres codos estándar y una válvula de compuerta. La caída de presión permitida en el ramal es de 0.07 bar. Suponiendo que se tendrá una tubería de 125 mm de diámetro, se puede usar la Tabla 48-1 para calcular la longitud equivalente correspondiente a las pérdidas de presión en los accesorios.

$$\begin{aligned} 3 \text{ Codos estándar de } 125 \text{ mm} &= 3 \times 3.35 = \frac{10.1 \text{ m}}{0.67 \text{ m}} \\ 1 \text{ Válvula de compuerta} &= 1 \times 0.67 = \frac{0.67 \text{ m}}{0.67 \text{ m}} \\ \text{Total por las válvulas y los accesorios} &= 10.77 \text{ m} \end{aligned}$$

Sumando esta longitud a los 15 m de tubería, se obtiene una longitud efectiva de 25.77 m, o sea 85% de los 30 m estándar en las tablas. Dividiendo la máxima caída de presión permitida por 0.85, se obtiene una caída presión 'estándar' de 0.81 bar por 30 m. Basándose en la Tabla 45-2 para vapor a 1 bar, y usando la columna de 0.07 bar, y un diámetro de 125 mm, se obtiene una capacidad de 2,797 kg/hr. Sólo con base en la caída de presión, se puede seleccionar un diámetro de 125 mm, sin embargo, la velocidad de vapor sería de entre 3,048 m/min y 3,658 m/min. Y debido a este hecho, es mejor seleccionar el siguiente tamaño de tubería, o sea 150 mm, con el cual se tendría una velocidad de menos de 2,438 m/min.

Tuberías de Descarga de las Trampas

Las tuberías de descarga de las trampas son generalmente cortas. Suponiendo que se tiene una trampa del tamaño correcto para la aplicación

dada, se recomienda una tubería de descarga de la trampa de un diámetro igual al de las otras conexiones en la trampa. Cuando se tiene una presión diferencial baja entre la trampa y la tubería de retorno del condensado, la tubería de descarga se puede aumentar al siguiente tamaño, y se tendrán ciertas ventajas.

Tuberías de Retorno de Condensado

En compañías medianas y grandes se debe de contar con los servicios de un especialista para el cálculo de los tamaños apropiados de las tuberías de retorno de condensado. Generalmente se considera una buena idea el especificar tuberías de retorno que sean uno o dos tamaños más grandes; de esta forma se toma en cuenta: 1) posible aumento de la capacidad de la planta, y 2) los eventuales depósitos de óxido y sarro en los tubos.

Trampas y Alta Contrapresión

Una contrapresión alta, o excesiva de acuerdo a lo estándar, puede ocurrir cuando se tienen demasiados depósitos e incrustaciones en los tubos de retorno, cuando se incrementa la carga de condensado, o cuando la trampa no está funcionando correctamente. Dependiendo de la operación particular de cada trampa, alta contrapresión puede o no puede ser un problema. Véase la Tabla de Recomendaciones en la contraportada B. Si se considera que habrá contrapresión en las tuberías de retorno, entonces se debe de estar seguro que se selecciona una trampa que pueda lidiar con ella.

Contrapresión reduce la presión diferencial, y por lo tanto la capacidad de la trampa también se reduce. En casos extremos esta reducción en la capacidad hará necesario que se tenga que utilizar una trampa un tamaño más grandes para compensar por la reducción en la presión diferencial de operación.

Tabla 46-1. Capacidad de Tuberías de Vapor a 12 bar - Tubo Cédula 40

| Tamaño de Tubería (in) | Caída de Presión, Pa/m | | | | |
|------------------------|------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 120 | 180 | 240 | 450 | 1200 |
| 1/2 | 13 | 16 | 18 | 25 | 40 |
| 3/4 | 29 | 36 | 41 | 57 | 93 |
| 1 | 59 | 73 | 84 | 115 | 187 |
| 1 1/4 | 130 | 160 | 184 | 252 | 412 |
| 1 1/2 | 203 | 248 | 287 | 393 | 641 |
| 2 | 412 | 502 | 579 | 795 | 1 297 |
| 2 1/2 | 676 | 828 | 956 | 1 309 | 2 138 |
| 3 | 1 230 | 1 517 | 1 750 | 2 400 | 3 932 |
| 3 1/2 | 1 858 | 2 267 | 2 619 | 3 584 | 5 858 |
| 4 | 2 621 | 3 210 | 3 909 | 5 076 | 8 277 |
| 5 | 4 828 | 5 932 | 6 851 | 9 385 | 15 312 |
| 6 | 7 955 | 10 208 | 11 229 | 15 405 | 25 107 |
| 8 | 16 554 | 20 278 | 23 382 | 32 056 | 52 374 |
| 10 | 30 257 | 37 016 | 42 764 | 58 458 | 95 185 |

Tabla 46-2. Capacidad de Tuberías de Vapor a 18 bar - Tubo Cédula 40

| Tamaño de Tubería (in) | Caída de Presión, Pa/m | | | | |
|------------------------|------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 120 | 180 | 240 | 450 | 1200 |
| 1/2 | 15 | 19 | 21 | 30 | 49 |
| 3/4 | 35 | 43 | 50 | 69 | 110 |
| 1 | 72 | 86 | 100 | 138 | 224 |
| 1 1/4 | 157 | 191 | 224 | 305 | 553 |
| 1 1/2 | 243 | 296 | 343 | 471 | 772 |
| 2 | 496 | 605 | 701 | 955 | 1 564 |
| 2 1/2 | 815 | 996 | 1 149 | 1 574 | 2 574 |
| 3 | 1 492 | 1 821 | 2 107 | 2 885 | 4 710 |
| 3 1/2 | 2 226 | 2 722 | 3 151 | 4 311 | 7 041 |
| 4 | 3 146 | 3 852 | 4 452 | 6 097 | 9 958 |
| 5 | 5 825 | 7 126 | 8 242 | 11 280 | 18 424 |
| 6 | 9 562 | 11 698 | 13 528 | 18 508 | 30 222 |
| 8 | 19 902 | 24 359 | 28 172 | 38 540 | 62 923 |

Tabla 46-3. Capacidad de Tuberías de Vapor a 30 bar - Tubo Cédula 40

| Tamaño de Tubería (in) | Caída de Presión, Pa/m | | | | |
|------------------------|------------------------|--------|--------|--------|---------|
| | 120 | 240 | 450 | 1200 | 2400 |
| 1 | 92 | 152 | 205 | 368 | 528 |
| 1 1/4 | 191 | 294 | 405 | 643 | 1 011 |
| 1 1/2 | 322 | 505 | 601 | 1 080 | 1 516 |
| 2 | 620 | 914 | 1 268 | 2 137 | 3 147 |
| 2 1/2 | 1 011 | 1 447 | 2 046 | 3 584 | 5 284 |
| 3 | 1 884 | 2 711 | 3 782 | 6 892 | 10 109 |
| 4 | 4 043 | 3 892 | 8 230 | 14 244 | 21 136 |
| 5 | 7 306 | 11 257 | 14 681 | 25 731 | 36 759 |
| 6 | 12 636 | 17 460 | 24 914 | 41 353 | 59 733 |
| 8 | 25 731 | 36 759 | 51 162 | 91 896 | 130 952 |

Tabla 46-4. Capacidad de Tuberías de Vapor a 40 bar - Tubo Cédula 40

| Tamaño de Tubería (in) | Caída de Presión, Pa/m | | | | |
|------------------------|------------------------|--------|--------|---------|---------|
| | 120 | 240 | 450 | 1200 | 2400 |
| 1 | 124 | 179 | 245 | 418 | 597 |
| 1 1/4 | 253 | 345 | 489 | 850 | 1 217 |
| 1 1/2 | 377 | 551 | 734 | 1 286 | 1 907 |
| 2 | 735 | 1 080 | 1 490 | 2 481 | 3 790 |
| 2 1/2 | 1 263 | 1 700 | 2 402 | 4 135 | 5 972 |
| 3 | 2 205 | 3 308 | 4 404 | 8 040 | 11 486 |
| 4 | 4 548 | 7 121 | 9 79 | 16 080 | 23 890 |
| 5 | 8 499 | 12 864 | 17 126 | 31 241 | 44 104 |
| 6 | 14 012 | 21 133 | 30 249 | 50 536 | 68 913 |
| 8 | 31 241 | 44 104 | 57 828 | 105 667 | 149 312 |

Cómo Definir el Diámetro de las Tuberías de Retorno de Condensados

El determinar los tamaños de las tuberías de retorno de condensados presenta ciertos problemas que son diferentes a los presentes en tuberías de vapor o agua. El problema más importante es la necesidad de lidiar con vapor flash o secundario. Una tubería de retorno debe de ser capaz de llevar condensado y vapor flash, pero el volumen del vapor flash es varias veces mayor que el volumen de condensado. Para los valores dados en la Gráfica 47-1 el volumen de vapor flash es del 96% al 99% del volumen total. Por lo tanto, sólo se considera vapor flash en la Gráfica 47-1.

Tuberías de retorno de condensado deben de diseñarse para que tengan una velocidad razonable y una caída de presión aceptable. La Gráfica 47-1 está basada en tener una velocidad de 2,134 m/min o menor, con tubo de cédula 40. Factores adicionales que también deben de considerarse, dependiendo en las condiciones del agua, son: suciedad, atascamientos, corrosión y erosión.

Para una dada presión de alimentación a la trampa y una presión de la tubería de retorno, así como para una caída de presión supuesta ($\Delta P/L$) por cada metro de tubería, y conociendo el flujo de condensado, se puede determinar el diámetro adecuado de la tubería con la ayuda de la Gráfica 47-1.

Como Usar la Gráfica 47-1

Ejemplo 1: Un sistema de condensados tiene la alimentación del vapor a 2 bar. La tubería de retorno no está venteada y está a 0 bar. La capacidad requerida para la tubería de retorno es de 908 kg/hr de condensado. ¿De qué tamaño debe ser la tubería de retorno?

Solución: Dado que en el sistema se reduce la presión del condensado desde 2 bar hasta 0 bar, se tendrá vapor flash (suponiendo que no hay subenfriamiento) y el sistema de retorno será del tipo seco y cerrado (es decir, no es completamente líquido y no está venteado a la atmósfera). La información en la Gráfica 47-1 puede ser usada. Se define una caída de presión de 0.017 bar por cada

metro. En la Gráfica 47-1, con una presión de alimentación de 2 bar y una de retorno de 0 bar, y un $\Delta P/L = 0.017$, se obtiene que se debe de seleccionar una tubería de retorno de 50 mm.

Ejemplo 2: Un sistema de retorno de condensados tiene la alimentación del vapor a 6.9 bar, y el retorno está a 0 bar y no está venteado. La línea de retorno es horizontal y debe de tener una capacidad de 1,135 kg/hr. ¿Qué tamaño de tubo se requiere?

Solución: Dado que el sistema estará reduciendo condensado no subenfriado desde 6.9 bar hasta 0 bar, se generará vapor flash y básicamente se tendrá un retorno del tipo seco y cerrado. Si se escoge una caída de presión de 0.07 bar por metro, se llega a una situación no recomendada (a) en la Gráfica 47-1. Pero si se selecciona una caída de presión de 0.017 bar, entonces se obtiene que una tubería de 65 mm de diámetro es adecuada para este sistema.

Gráfica 47-1. Flujo de Masa (kg/hr) para Retornos Secos y Cerrados

| Tamaño de Tubería | | Presión de Alimentación = 35 kPa Presión de Retorno = 0 kPa | | | Presión de Alimentación = 100 kPa Presión de Retorno = 0 kPa | | | Presión de Alimentación = 210 kPa Presión de Retorno = 0 kPa | | | Presión de Alimentación = 340 kPa Presión de Retorno = 0 kPa | | |
|-------------------|-------|--|--------|-------|---|--------|-------|---|-------|-------|---|-------|-------|
| | | $\Delta P/L, \text{ Pa/m}$ | | | | | | | | | | | |
| mm | in | 15 | 60 | 240 | 15 | 60 | 240 | 15 | 60 | 240 | 15 | 60 | 240 |
| Flujo, kg/h | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 1/2 | 108 | 238 | 500 | 43 | 94 | 205 | 29 | 58 | 126 | 18 | 43 | 90 |
| 20 | 3/4 | 230 | 508 | 1 087 | 94 | 205 | 432 | 58 | 126 | 266 | 40 | 90 | 191 |
| 25 | 1 | 454 | 976 | 2 059 | 180 | 389 | 824 | 115 | 241 | 508 | 83 | 173 | 364 |
| 32 | 1 1/4 | 954 | 2 041 | 4 320 | 382 | 817 | 1 724 | 238 | 504 | 1 062 | 169 | 364 | 763 |
| 40 | 1 1/2 | 1 436 | 3 074 | 6 444 | 576 | 1 235 | 2 585 | 353 | 756 | 1 591 | 256 | 544 | 1 145 |
| 50 | 2 | 2 830 | 6 048 | a | 1 134 | 2 412 | a | 698 | 1 483 | a | 504 | 1 066 | a |
| 65 | 2 1/2 | 4 536 | 9 648 | a | 1 829 | 3 852 | a | 1 123 | 2 383 | a | 806 | 1 714 | a |
| 80 | 3 | 8 172 | 17 244 | a | 3 265 | 6 912 | a | 2 012 | 4 248 | a | 1 447 | 3 053 | a |
| 100 | 4 | 16 884 | 35 388 | a | 6 768 | 14 184 | a | 4 176 | 8 712 | a | 3 020 | 6 264 | a |
| 150 | 6 | 50 040 | a | a | 20 088 | a | a | 12 384 | a | a | 8 892 | a | a |
| 200 | 8 | 103 680 | a | a | 41 760 | a | a | 25 596 | a | a | 18 360 | a | a |

| Tamaño de Tubería | | Presión de Alimentación = 690 kPa Presión de Retorno = 0 kPa | | | Presión de Alimentación = 1030 kPa Presión de Retorno = 0 kPa | | | Presión de Alimentación = 690 kPa Presión de Retorno = 100 kPa | | | Presión de Alimentación = 1030 kPa Presión de Retorno = 100 kPa | | |
|-------------------|-------|---|-------|-----|--|-------|-----|---|--------|-------|--|--------|-------|
| | | $\Delta P/L, \text{ Pa/m}$ | | | | | | | | | | | |
| mm | in | 15 | 60 | 240 | 15 | 60 | 240 | 15 | 60 | 240 | 15 | 60 | 240 |
| Flujo, kg/h | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 1/2 | 14 | 29 | 61 | 11 | 22 | 50 | 25 | 54 | 119 | 18 | 43 | 90 |
| 20 | 3/4 | 29 | 61 | 133 | 22 | 50 | 104 | 54 | 119 | 256 | 43 | 90 | 191 |
| 25 | 1 | 54 | 119 | 248 | 47 | 94 | 205 | 108 | 227 | 482 | 83 | 176 | 364 |
| 32 | 1 1/4 | 115 | 245 | 511 | 90 | 198 | 421 | 227 | 482 | 997 | 173 | 364 | 763 |
| 40 | 1 1/2 | 173 | 367 | 770 | 140 | 299 | 634 | 342 | 727 | 1 505 | 259 | 547 | 1 134 |
| 50 | 2 | 342 | 720 | a | 277 | 590 | a | 666 | 1 408 | 2 927 | 508 | 1 066 | 2 221 |
| 65 | 2 1/2 | 544 | 1 156 | a | 443 | 954 | a | 1 076 | 2 268 | 4 680 | 817 | 1 714 | 3 539 |
| 80 | 3 | 979 | 2 063 | a | 799 | 1 681 | a | 1 919 | 4 032 | a | 1 451 | 3 042 | a |
| 100 | 4 | 2 023 | 4 248 | a | 1 652 | 3 460 | a | 3 960 | 8 244 | a | 3 002 | 6 264 | a |
| 150 | 6 | 5 976 | a | a | 4 896 | a | a | 11 736 | 24 300 | a | 8 892 | 18 432 | a |
| 200 | 8 | 12 420 | a | a | 10 152 | a | a | 24 228 | 50 040 | a | 18 360 | 37 800 | a |

^aLa velocidad es mayor que 35 m/s para estos tamaños y caídas de presión. Seleccione otra combinación de tamaño y caída de presión. Copiada del ASHRAE Handbook - 1997 Fundamentals, con permiso especial.

Tablas Ingenieriles Útiles

Tabla 48-1. Longitud Equivalente de Tubería a Añadir Debido a Accesorios - Tubo Cédula 40

| Tamaño de Tubería (in) | Longitud en Metros a Añadir | | | | |
|------------------------|-----------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|
| | Codo Estándar | "T" con Salida Lateral | Válvula de Compuerta* | Válvula de Globo* | Válvula de Angulo* |
| 1/2 | 0.5 | 0.9 | 0.1 | 5.4 | 2.4 |
| 3/4 | 0.6 | 1.3 | 0.2 | 7.1 | 3.1 |
| 1 | 0.8 | 1.6 | 0.2 | 9.1 | 4.0 |
| 1 1/4 | 1.1 | 2.1 | 0.3 | 11.9 | 5.3 |
| 1 1/2 | 1.2 | 2.5 | 0.3 | 13.9 | 6.1 |
| 2 | 1.6 | 3.2 | 0.4 | 17.9 | 7.9 |
| 2 1/2 | 1.9 | 3.8 | 0.5 | 21.3 | 9.4 |
| 3 | 2.3 | 4.7 | 0.6 | 26.5 | 11.7 |
| 3 1/2 | 2.7 | 5.4 | 0.7 | 30.6 | 13.5 |
| 4 | 3.1 | 6.1 | 0.8 | 34.8 | 15.3 |
| 5 | 3.8 | 7.7 | 1.0 | 43.6 | 19.2 |
| 6 | 4.6 | 9.2 | 1.2 | 52.4 | 23.1 |
| 8 | 6.1 | 12.2 | 1.6 | 68.9 | 30.4 |
| 10 | 7.6 | 15.3 | 2.0 | 86.5 | 38.2 |
| 12 | 9.1 | 18.2 | 2.4 | 103.1 | 45.5 |

* Válvula completamente abierta

Tabla 48-3. Comparación de Tamaños "Nominales" de Tubos

| Tamaño de Tubo in | Tamaño de Tubo mm |
|-------------------|-------------------|
| 1/2 | 15 |
| 3/4 | 20 |
| 1 | 25 |
| 1 1/4 | 32 |
| 1 1/2 | 40 |
| 2 | 50 |
| 2 1/2 | 65 |
| 3 | 80 |
| 3 1/2 | - |
| 4 | 100 |
| 5 | 125 |
| 6 | 150 |
| 8 | 200 |
| 10 | 250 |
| 12 | 300 |
| 14 | 350 |
| 16 | 400 |
| 18 | 450 |
| 20 | 500 |
| 24 | 600 |

Tabla 48-2. "Pérdida de Vapor a Través de un Orificio"

| TAMAÑO nominal * | mm | Presión del Vapor, bar (manométrica) | | | | | | | |
|------------------|-------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 4 | 7 | 10 | 16 | 25 | 40 |
| #60 | 1.02 | 0.9 | 1.3 | 2.1 | 3.4 | 4.7 | 7.2 | 11 | 17 |
| 3/64 | 1.19 | 1.2 | 1.8 | 2.9 | 4.7 | 6.4 | 10 | 15 | 24 |
| 1/16 | 1.59 | 2.1 | 3.1 | 5.2 | 8.3 | 11 | 18 | 27 | 43 |
| 5/64 | 1.98 | 3.3 | 4.9 | 8.1 | 13 | 18 | 28 | 42 | 66 |
| 3/32 | 2.38 | 4.7 | 7.0 | 12 | 19 | 26 | 40 | 61 | 96 |
| "#38" | 2.46 | 5.0 | 7.5 | 13 | 20 | 28 | 43 | 65 | 103 |
| 7/64 | 2.78 | 6.4 | 10 | 16 | 25 | 35 | 54 | 83 | 130 |
| 1/8 | 3.18 | 8.4 | 13 | 21 | 33 | 46 | 71 | 108 | 170 |
| 9/64 | 3.57 | 11 | 16 | 26 | 42 | 58 | 89 | 137 | 215 |
| 5/32 | 3.97 | 13 | 20 | 32 | 52 | 71 | 110 | 169 | 266 |
| 3/16 | 4.76 | 19 | 28 | 47 | 75 | 103 | 159 | 243 | 383 |
| 7/32 | 5.56 | 26 | 38 | 64 | 102 | 140 | 216 | 331 | 522 |
| 1/4 | 6.35 | 33 | 50 | 83 | 133 | 183 | 282 | 432 | 681 |
| 9/32 | 7.14 | 42 | 63 | 105 | 168 | 231 | 357 | 546 | 861 |
| 5/16 | 7.94 | 52 | 78 | 130 | 208 | 286 | 441 | 675 | 1,064 |
| 11/32 | 8.73 | 63 | 95 | 157 | 252 | 346 | 534 | 817 | 1,288 |
| 3/8 | 9.53 | 75 | 113 | 187 | 299 | 411 | 636 | 972 | 1,532 |
| 7/16 | 11.11 | 102 | 153 | 255 | 407 | 560 | 865 | 1,323 | 2,085 |
| 1/2 | 12.70 | 134 | 200 | 333 | 532 | 731 | 1,130 | 1,727 | 2,723 |
| 9/16 | 14.29 | 169 | 253 | 421 | 673 | 926 | 1,430 | 2,186 | 3,447 |
| 5/8 | 15.88 | 209 | 313 | 520 | 831 | 1,143 | 1,765 | 2,699 | 4,255 |
| 11/16 | 17.46 | 253 | 378 | 629 | 1,006 | 1,383 | 2,136 | 3,266 | 5,149 |
| 3/4 | 19.05 | 301 | 450 | 749 | 1,197 | 1,646 | 2,542 | 3,887 | 6,128 |
| 7/8 | 22.23 | 410 | 613 | 1,020 | 1,630 | 2,240 | 3,460 | 5,290 | 8,341 |
| 1 1/16 | 26.99 | 604 | 904 | 1,503 | 2,403 | 3,303 | 5,102 | 7,800 | 12,298 |
| 1 1/4 | 31.75 | 836 | 1,251 | 2,081 | 3,326 | 4,571 | 7,061 | 10,796 | 17,022 |
| 1 5/8 | 41.28 | 1,412 | 2,114 | 3,517 | 5,621 | 7,725 | 11,933 | 18,246 | 28,767 |

* Tamaños de Orificio disponibles en fracciones de plugada o número de tamaño de broca.

Los valores en la tabla son flujos de vapor saturado en kilogramos por hora.

Fórmula de Napier: (Área del orificio, in²)(Presión, psia)/70 • (3,6000 seg/hora)/(2.205 lb/kg)

Factores de Conversión

Longitud

1 mm = 0.0394 in
1 m = 39.37 in
1 m = 3.281 ft

1 in = 25.4 mm
1 in = 0.0254 m
1 ft = 0.3048 m

1 ft = 12 in*

Área

1 mm² = 0.00155 in²
1 cm² = 0.155 in²
1 m² = 10.764 ft²

1 in² = 645.16 mm²
1 in² = 6.456 cm²
1 ft² = 0.0929 m²

Volumen

1 cm³ = 0.061 in³
1 dm³ = 1 liter = 61.02 in³
1 dm³ = 0.0353 ft³
1 m³ = 35.31 ft³

1 in³ = 16.39 cm³
1 in³ = 0.0164 dm³
1 ft³ = 28.317 dm³
1 ft³ = 0.0283 m³

1 galón = 231 in³
1 galón = 0.003785 m³
1 barril (petróleo) = 42 galón
1 barril (petróleo) = 0.159 m³

Presión

1 bar = 14.5 psi
1 bar = 100 kPa = 0.1 MPa
1 Pa = 0.0209 lb/ft²
1 kg/cm² = 14.22 psi

1 millibar = 1.0197 cm H₂O
1 millibar = 0.75 mm Hg
1 cm H₂O = 0.98 millibar
1 mm Hg = 1.333 millibar

1 psi = 0.06895 bar
1 psi = 6.895 kPa
1 lb/ft² = 47.88 Pa

Velocidad

1 m/s = 3.281 ft/sec
1 m/s = 196.85 ft/min

1 ft/sec = 0.305 m/s
1 ft/min = 0.00508 m/s

Masa

1 kg = 2.205 lb

1 lb = 0.454 kg
1 ton (conta) = 2,000 lb
1 ton (conta) = 907 kg
1 ton (larga) = 2240 lb
1 ton (larga) = 1016 kg

Flujo

1 m³/h = 4.403 galón/m
1 galón/min = 0.227 m³/h

Temperatura

Escala:
°F = 9/5 (°C + 32)
°C = 5/9 (°F - 32)
Diferencia:
ΔT_C = 5/9 ΔT_F
ΔT_F = 9/5 ΔT_C
Absoluta:
°R (Rankine) = °F + 460
°K (Kelvin) = °C + 273

Energía

1 kJ = 0.9478 Btu
1 kJ = 0.2388 kcal = 238.8 cal
1 kWh = 3600 kJ

1 Btu = 1.055 kJ
1 kcal = 4.1868 kJ

Potencia

1 kHP = 0.7457 kW
1 Caldera HP = 35.29 MJ/h
1 ton (refrigeración) = 12,000 Btu/h
1 ton (refrigeración) = 12.649 MJ/h
1 MJ/h = 0.0791 ton (refrigeración)

Calor

1 kJ/kg = 0.4299 Btu/lb
1 kJ/kg·°C = 0.2388 Btu/lb·°F
1 kJ/h·m²·°C = 0.04892 Btu/h·ft²·°F

1 Btu/lb = 2.326 kJ/kg
1 Btu/lb·°F = 4.1868 kJ/kg·°C
1 Btu/h·ft²·°F = 20.4417 kJ/h·m²·°C

Notas

Galons son el estandar de EUA.

Calor Específico - Gravedad Específica

Tabla 50-1. Propiedades Físicas de Líquidos y Sólidos

| | Líquido (L) o Sólido (S) | Gravedad Específica @15-20°C | Calor Específico @15°C kJ/kg·°C | | Líquido (L) o Sólido (S) | Gravedad Específica @18-20°C | Calor Específico @15°C kJ/kg·°C |
|--|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|--|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| Aceite de linaza | L | 0.93 | 1.84 | Ladrillería & mampostería | S | 1.6 - 2.0 | 0.92 |
| Aceite de semilla de algodón | L | 0.95 | 1.97 | Lana | S | 1.32 | 1.36 |
| Aceite de soya | L | 0.92 | 1.00 - 1.38 | Leche | L | 10.3 | 3.77 - 3.89 |
| Acero inoxidable, serie 300 | S | 8.04 | 0.50 | Maderas, variedad de | S | 0.35 - 0.9 | 3.77 |
| Acero, medio a 21°C | S | 7.90 | 0.46 | Magnesio, 85% | L | 0.208 | 1.13 |
| Acetona, 100% | L | 0.78 | 2.15 | Manteca | S | 0.92 | 2.68 |
| Ácido acético, 10% | L | 1.01 | 4.02 | Miel | L | | 1.42 |
| Ácido acético, 100% | L | 1.05 | 2.01 | Níquel | S | 8.9 | 0.46 |
| Ácido clorhídrico, 10% (muriático) | L | 1.05 | 3.14 | Papel | S | 1.7 - 1.15 | 1.88 |
| Ácido clorhídrico, 31.5% (muriático) | L | 1.15 | 2.51 | Parafina | S | 0.86 - 0.91 | 2.60 |
| Ácido fosfórico, 10% | L | 1.05 | 3.89 | Parafina, derretida | L | 0.90 | 2.89 |
| Ácido fosfórico, 20% | L | 1.11 | 3.58 | Pegamento, 2 partes agua y 1 parte pegamento seco | L | 1.09 | 3.73 |
| Ácido graso - esteárico | L | 0.84 | 2.30 | Pescado, fresco, promedio | S | | 3.14 - 3.43 |
| Ácido graso - palmítico | L | 0.85 | 2.73 | Petróleo combustible No. 1 (keroseno) | L | 0.81 | 1.97 |
| Ácido nítrico, 10% | L | 1.05 | 3.77 | Petróleo combustible No. 2 | L | 0.86 | 1.84 |
| Ácido nítrico, 60% | L | 1.37 | 2.68 | Petróleo combustible No. 3 | L | 0.88 | 1.80 |
| Ácido nítrico, 95% | L | 1.5 | 2.09 | Petróleo combustible No. 4 | L | 0.90 | 1.76 |
| Ácido sulfúrico, 110% (humeando) | L | | 1.13 | Petróleo combustible No. 5 | L | 0.93 | 1.72 |
| Ácido sulfúrico, 20% | L | 1.14 | 3.52 | Petróleo combustible No. 6 | L | 0.95 | 1.67 |
| Ácido sulfúrico, 60% | L | 1.50 | 2.18 | Petróleo crudo, continental API | L | 0.85 | 1.84 |
| Ácido sulfúrico, 98% | L | 1.84 | 1.47 | Petróleo, gas API | L | 0.88 | 1.76 |
| Agua | L | 1.00 | 4.19 | Plomo | S | 11.34 | 0.13 |
| Agua de mar | L | 1.03 | 3.94 | Sacarosa, 40% miel de azúcar | L | 1.18 | 2.76 |
| Aguarrás, concentrado | L | 0.86 | 1.76 | Sacarosa, 60% miel de azúcar | L | 1.29 | 3.10 |
| Alcohol, etílico 95% | L | 0.81 | 2.51 | SAE - 20 (aceite lubricante # 20) | L | 0.89 | |
| Alcohol, metílico 90% | L | 0.82 | 2.72 | SAE - 30 (aceite lubricante # 30) | L | 0.89 | |
| Algodón, textil | S | 1.5 | 1.34 | SAE - SW (aceite lubricante # 8) | L | 0.88 | |
| Alquitrán de carbón (@5°C) | S | 1.2 | 1.47 | Salmuera - cloruro de calcio, 25% | L | 1.23 | 2.88 |
| Aluminio | S | 2.64 | 0.96 | Salmuera - cloruro de sodio, 25% | L | 1.19 | 3.29 |
| Amoniaco, 100% | L | 0.61 | 4.61 | Seda | S | 1.25 - 1.35 | 1.38 |
| Amoniaco, 26% | L | 0.9 | 4.19 | Tetracloruro de carbono | L | 1.58 | 0.88 |
| Anhidrido fetílico | L | 1.53 | 0.97 | Titanio (comercial) | S | 4.50 | 0.54 |
| Arce, miel de | L | | 2.01 | Tolueno | L | 0.86 | 1.76 |
| Arcilla, seca | S | 1.9 - 2.4 | 0.94 | Tricloretileno | L | 1.62 | 0.90 |
| Arena | S | 1.4 - 1.76 | 0.80 | Vegetales, frescos, promedio | S | | 3.06 - 3.94 |
| Aroclor | L | 1.44 | 1.17 | Vidrio, lana de | S | 0.072 | 0.66 |
| Asbesto, placa de | S | 0.88 | 0.80 | Vidrio, pyrex | S | 2.25 | 0.84 |
| Asfalto | L | 1 | 1.76 | Vinos de mesa, promedio | L | 1.03 | 3.77 |
| Asfalto, sólido | S | 1.1 - 1.5 | 0.9 - 1.67 | | | | |
| Azúcar, de caña & betabel | S | 1.66 | 1.26 | | | | |
| Azufre | S | 2.00 | 0.85 | | | | |
| Benceno | L | 0.84 | 1.72 | | | | |
| Carbón | S | 1.2 - 1.8 | 1.09 - 1.55 | | | | |
| Carne, fresca, promedio | S | | 2.93 | | | | |
| Cinc | S | 7.05 | 0.40 | | | | |
| Cobre | S | 8.82 | 0.42 | | | | |
| Coque, sólido | S | 1.0 - 1.4 | 1.11 | | | | |
| Corcho | S | 0.25 | 2.01 | | | | |
| Cuero | S | 0.86 - 1.02 | 1.51 | | | | |
| Dowtherm A | L | 0.99 | 2.64 | | | | |
| Dowtherm C | L | 1.1 | 1.47 - 2.72 | | | | |
| Etilenglicol | L | 1.11 | 2.43 | | | | |
| Fenol (ácido carbólico) | L | 1.07 | 2.34 | | | | |
| Frutas, frescas, promedio | S | | 3.35 - 3.38 | | | | |
| Gasolina | L | 0.73 | 2.22 | | | | |
| Glicerol, 100% (glicerina) | L | 1.26 | 2.43 | | | | |
| Helado | S | | 2.93 | | | | |
| Hidróxido de sodio, 30% | L | 1.33 | 3.52 | | | | |
| Hidróxido de sodio, 50% (ácido cáustico) | L | 1.53 | 3.27 | | | | |
| Hielo | S | 0.9 | 2.09 | | | | |
| Hule, vulcanizado | S | 1.10 | 1.74 | | | | |

Tabla 50-2. Gases

| | Gravedad Específica @15-20°C | Gravedad Específica @15°C kJ/kg·°C |
|-----------------------|------------------------------------|--|
| Aire | 1.00 | 1.00 |
| Amoniaco | 0.60 | 2.26 |
| Benceno | | 1.36 |
| Bióxido de azufre | | 0.68 |
| Bióxido de carbono | 1.50 | 0.88 |
| Butano | 2.00 | 1.90 |
| Cloro | 2.50 | 0.49 |
| Etano | 1.10 | 2.09 |
| Etileno | 0.97 | 1.88 |
| Freón - 12 | | 0.67 |
| Hidrógeno | 0.069 | 14.32 |
| Hidrógeno, sulfuro de | 1.20 | 1.05 |
| Metano | 0.55 | 2.51 |
| Monóxido de carbono | 0.97 | 1.07 |
| Nitrógeno | 0.97 | 1.06 |
| Oxígeno | 1.10 | 0.94 |
| Propano | 1.50 | 1.93 |
| Vapor de agua | 2.30 | 1.90 |

ÍNDICE ALFABÉTICO

- Abreviaturas, Contraportada B
- Absorción de vapor, máquina de, 40
- Aire
 - causa de calentamiento lento, 8
 - efecto en la temperatura del vapor, 8
 - temperaturas bajas, 8
- Balde invertido, principio del, 10, 11
- Bypass, 42
- Cabezales de vapor, 16
- Calefacción, equipo de, 24, 25
- Calentadores de aire de proceso, 27
- Calor Específico, 52
- Cámaras de vapor estacionarias y cerradas, equipo de, 34, 35
- Círculos, áreas de, 48
- Congelamiento, protección de trampas contra, 44
- Controlador automático diferencial de condensado, 15
- Cortocircuito, 16
- Diagnóstico, 46
- Disco controlado, trampa de, 13
- Drenaje y de retorno de condensado, calcular diámetros de tubería de, 47, 48, 49
- Evaporadores, 30, 31
- Factores de conversión, 51
- Factores de seguridad
 - explicación, 16, 17
 - para diferentes aplicaciones, 18 - 41
- Flash, vapor, 5
- Flasheo, tanques de, 38, 39
- Flotador y termostática, trampa de, 11, 13
- Fugas de vapor, costo de, 9
- Golpe de ariete, 7
- Gráficas
 - factor para seleccionar trampas para drenado de serpentines, 24
 - pérdidas de calor en tubería normal, 19, 23
 - porcentaje de vapor flash, 5
 - recomendaciones, Contraportada, 18, 20, 22, 24, 27, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40
 - temperatura diferencial promedio, 31
- Gravedad Específica, 52
- Inspección de trampas, 45
- Instalación, 42, 43, 44, 45
- Intercambiadores de calor de tubo y coraza, 28, 29
- Mantenimiento de las trampas, 45, 46
- Ollas encamisadas, 32, 33
- Piernas colectoras, especificar, 18
- Presión diferencial, 17
- Pruebas a las trampas, 45, 46
- Radiación con aletas, 25
- Ramales de tuberías, 20
- Recomendaciones, Tablas de, Contraportada, 18, 20, 22, 24, 27, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40
- Secadoras rotatorias, 36, 37
- Secundario, vapor, 5
- Seguridad, trampa para drenado de, 44
- Selección de trampas para autoclaves, 34
 - cabezales de la caldera, 18
 - calentadores de agua, 28
 - calentadores de succión, 28
 - cámaras de vapor cerradas y estacionarias, 34, 35
 - camisas de vapor en ollas, 32, 33
 - concentradores, 32, 33
 - equipo de calefacción, 24, 25
 - evaporadores, 30, 31
 - hervidoras, 28
 - intercambiadores de calor, 28, 29
 - máquina de absorción de vapor, 40
 - ollas encamisadas, 32, 33
 - placas de planchado, 34
 - precalentadores de aire de combustión, 27
 - radiación con aletas, 25
 - ramales de tuberías, 20, 21
 - retortas, 34, 35
 - secadoras de proceso, 27
 - secadoras de túnel, 27
 - secadoras rotatorias, 36, 37
 - separadores de vapor, 21
 - separadores, 21
 - serpentines
 - aletados, 25
 - de calefacción, 24, 25
 - estampados, 28, 29
 - sumergidos, 28, 29
 - tubería, 24, 25, 29
 - serpentines-sumergidos, 28, 29
 - sistema de distribución de vapor, 7, 18, 19, 20, 21
 - tanques de flasheo, 38, 39
 - tuberías de venas de vapor, 22, 23
 - tuberías principales de vapor, 18, 19, 20, 48
 - tubos serpentín, 24, 25, 29
 - unidades de calentamiento, 24
 - unidades de manejo de aire, 224
 - vaporizadores, 28
 - venas de vapor, 22, 23
- Serpentines estampados, 28, 29
- Serpentines sumergidos, 28, 29
- Sistemas de distribución de vapor, 18, 19, 20, 21
- Tablas del vapor, 4
- Tablas técnicas de
 - áreas de círculos, 50
 - capacidad de condensación en radiadores aletados, 26
 - capacidad de condensación en tuberías sin aislar, 26
 - condensación de vapor durante el arranque, 19
 - costo de las fugas de vapor, 9
 - efecto del aire en la temperatura del vapor, 8
 - factores de conversión para radiadores aletados, 26
 - factores para definir la capacidad de calentadores, 26
 - propiedades del vapor saturado, 4
 - reducción en temperatura del vapor debido al aire, 8
 - tuberías
 - calentamiento de cédula, 42, 19
 - capacidades de condensado, 49
 - capacidades de vapor, 47, 48, 49
 - condensación de vapor debido a radiación normal, 19
 - conversión de metros lineales a metros cuadrados de superficie, 31, 37
 - dimensiones para cédula 42, 50
 - expansión térmica, 50
 - factores de conversión, 51
 - longitudes equivalentes de accesorios, 50
 - peso por metro, 21
 - valores de U
 - serpentines estampados, 29, 31
 - tubos serpentín, 29, 31
- Termostáticas, trampas de vapor, 14
- Trampas de vapor
 - balde invertido, 10, 21
 - controlador automático diferencial de condensado, 15
 - disco controlado, 13
 - flotador y termostática, 12, 13
 - termostática, 14
- Trampas, selección de, 16, 17
- Trampeo unitario, 16
- Tubería principal
 - de retorno, 47
 - de vapor, 18, 19, 20, 48
- Tuberías de venas de vapor, 22, 23
- Tuberías principales de vapor, 18, 19, 20, 48
- Tubos serpentín, 24, 25, 29
- Valores de U
 - serpentines estampados, 29, 31
 - tubos serpentín, 29, 31
- Vapor
 - chechar las fugas de, 45, 46
 - como es usado el calor del, 6
 - conocimientos básicos, 6 - 9
 - costo de la fuga de, 9
 - flash, 5
 - necesidad de drenado de, 7
 - tablas de, 4
- Venas de vapor, 22, 23
- Venteo de aire, 14

Otros Productos

Filtros Tipo "Y"

Los Filtros Tipo "Y" de Armstrong se fabrican en una gran variedad de tamaños y materiales para satisfacer la mayoría de las necesidades de filtrados en tuberías. Solicite el Boletín No. 171.

Bombas para Condensados

Las Bombas para Condensados de Armstrong son la solución no-eléctrica ideal para retornar el condensado en aplicaciones especiales como evacuar un vacío, alimentar a una tubería de retorno presurizada, o elevar el condensado. Solicite el Boletín No. 230.

Cabezales

Los cabezales (Manifolds) de Armstrong para distribuir vapor y colectar condensado están diseñados especialmente para las cargas bajas que generalmente se tienen en la industria química, la petroquímica y la del hule. Solicite los Boletines No. 615.

Trampas para Drenajes Tipo Flotador

Las Trampas Armstrong para Drenaje Tipo Flotador están diseñadas para el drenado de líquidos en gases presurizados, o para sacar el agua en un líquido liviano (usando doble gravedad). Se ofrecen en capacidades hasta de 318,000 kg/hr, y presiones hasta de 124 bar. Pida el Boletín No. 402.

Venteadores de Aire Termostáticos

Se ofrecen dos modelos:

- El Modelo TV-2 está disponible con conexiones en línea, tiene un cuerpo hecho de bronce fundido y opera a una presión máxima de 8.5 bar. Solicite el Boletín No. 455.
- La Serie TTF está disponible con conexiones en línea o en

ángulo recto. Sus características son un cuerpo hecho completamente con acero inoxidable, y capaz de operar a presiones entre 0 y 20 bar. Solicite el Boletín No. 457.

Capacitación Para la Conservación de Energía

Bajo la idea de que conocimiento no compartido es energía desperdiciada, Armstrong reconoce la importancia de la capacitación de la gente, y ofrece una amplia variedad de materiales educativos, incluyendo una colección de más de una docena de cintas de video para entrenamiento. Muchos de estos materiales educativos se ofrecen sin costo alguno, y algunos otros se ofrecen a un costo nominal. Para tener una lista detallada completa de los diferentes materiales didácticos, solicite el Boletín No. 815.

Ayuda con la Aplicación es una parte muy importante del servicio que proporciona Armstrong Internacional. Los representantes de Armstrong están capacitados para ayudarlo con su aplicación particular, ya que han sido entrenados en la fábrica y cuentan con bastante experiencia. Respaldando a los representantes se encuentran los especialistas de Armstrong, los cuales están dispuestos a ayudar con cualquier aplicación difícil o especial.

© 1998 Armstrong International, Inc.



Armstrong International, Inc.

www.armstrong-intl.com

816 Maple Street, P.O. Box 408, Three Rivers, Michigan 49093 - USA Tel: (616) 273-1415 Fax: (616) 278-6555

Parc Industriel Des Hauts-Sarts, B-4040 Herstal/Liege, Belgium Tel: (04) 2409090 Fax: (04) 2481361

Trampas de Vapor \ Humidificadores \ Serpentes de Vapor \ Válvulas \ Calentadores de Agua \ Venteadores de Aire \ Bombas de Condensado