

## Conducción del vapor

El vapor que utilizamos para calefacción en los distintos equipos es vapor saturado, y como todo fluido, durante su conducción tiene pérdidas de presión debidas a la fricción con la tubería y a las turbulencias que se producen en los accesorios, tales como válvulas, codos, contracciones y ensanchamientos de la tubería, etc. éstas pérdidas son función de la velocidad del fluido en la tubería, la rugosidad de la tubería, del largo del recorrido, de la presión del vapor (ya que de ésta es función la viscosidad del vapor); y de la caída provocada por los accesorios depende de qué accesorio se trate y de la velocidad con que lo atraviese.

Si consideramos un tramo de tubería que conduce vapor saturado, a lo largo de éste, el vapor, debido a la fricción pierde parte de su presión, teniendo después de recorrer dicho tramo una presión menor. Suponiendo que no tuvo pérdidas de calor, pasó debida a la reducción de presión al estado de sobrecalentado, ya que no varió su entalpía y redujo su presión.

En la realidad ocurre que la tubería tiene pérdidas de calor, por lo tanto, sumado a la pérdida de presión, ocurre que el vapor al final del recorrido tiene una entalpía menor. Pero como el vapor era saturado, si entregó calor, entra en la zona de vapor húmedo, o sea con gotas de agua en suspensión. Esto significa que cuando la velocidad del vapor baja, estas gotas se pueden decantar. Es más, como ésta transmisión del calor se realiza con las paredes que está mas fría, es en esa zona que se produce condensación del vapor, en las paredes del caño, separándose del vapor parte de su humedad.

Debido a esto es que, a las tuberías de vapor debemos montarla con una leve pendiente, para favorecer el escurrimiento del condensado y con trampas evacuarlo.

### *Ejemplo*

En una cañería de 8" aislada que conduce 17,5 tn/h de vapor a 11 kg/cm<sup>2</sup> y 183°C, pierde en 20 m de recorrido 4030 kcal/h y sufre una caída de presión de 0.01 kg/cm<sup>2</sup>.

La entalpía del vapor para esa presión y vapor saturado es:

$$\begin{array}{lcl} h_v = 663.55 \text{ kcal/kg} & & \\ \text{La variación de entalpía será: } \Delta h = & \frac{4030 \text{ kcal/h}}{17500 \text{ kg/h}} = & 0.23 \text{ kcal/kg} \end{array}$$

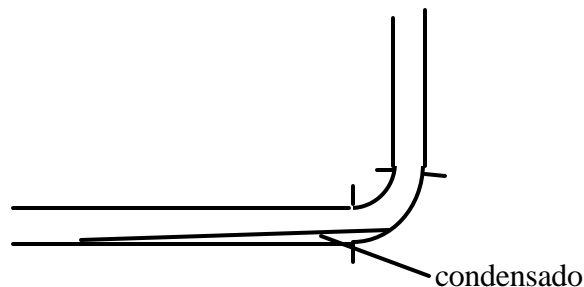
Por lo tanto la entalpía final del vapor será:

$$h_f = 663.55 - 0.23 = 663.22 \text{ kcal/kg}$$

Y la presión será 11 - 0.01 = 10.99 kg/cm<sup>2</sup>, presión para la cual la entalpía de saturación es de 663.54 kcal/kg. Por lo tanto vemos que el vapor al final de la conducción será vapor húmedo.

El vapor que se acumula en una cañería, en caso de tener un tramo vertical (ver figura) se acumula, llegando un momento en que forma un tapón líquido, obstruyendo el paso del vapor.

El vapor que venía con una velocidad (que los valores normales suele ser de entre 20 y 30 m/seg para vapor saturado) elevada, al ser taponado por el condensado acumulado, se frena de golpe, convirtiendo la energía cinética que traía en energía de presión, subiendo bruscamente la presión, lo cual hace pasar el tapón de agua liberándose la tubería de la



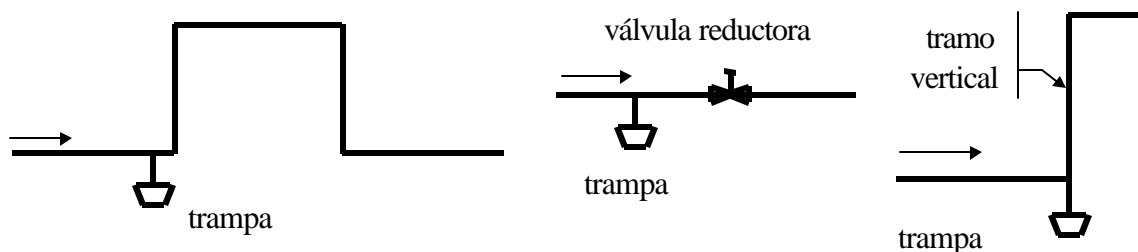
obstrucción y reduciendo nuevamente la presión de la tubería. Este proceso se vuelve a repetir cuando se junta condensado suficiente para producir otro tapón. A este golpe de presión que se produce por causa del tapón de condensado se le llama *golpe de ariete*.

El golpe de ariete para las velocidades normales en vapor saturado, puede producir sobrepresiones del orden de 3 o 4 kg/cm<sup>2</sup> por encima de la presión del vapor.

Si bien normalmente los materiales soportan bien estos valores de presión, al ser una carga variable, que se da en forma cíclica y muy brusca, dicha repetición produce fatiga en los materiales pudiendo producir la rotura frágil del material fatigado.

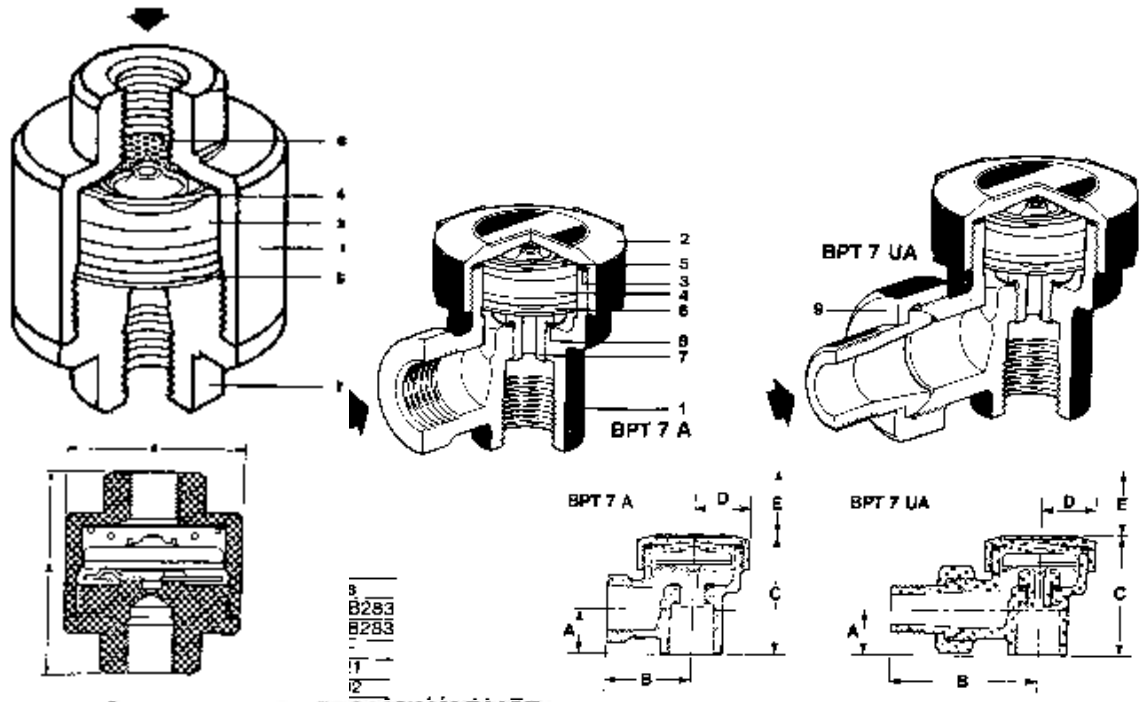
Para evitar estos golpes de ariete, debemos evacuar el condensado en los lugares donde su acumulación me pueda traer éstos problemas.

Van pues algunos ejemplos dónde se deben colocar las trampas de vapor.



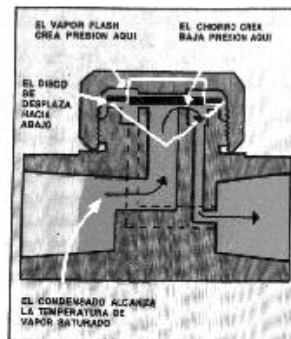
Este mismo problema del golpe de ariete surge cuando la trampa no funciona, o es superada su capacidad.

### **Tipos de trampas**



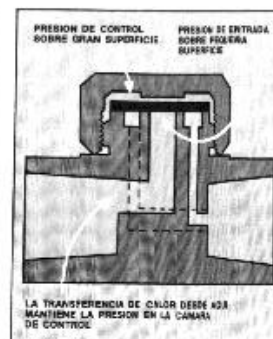
#### COMIENZO

La presión del condensado y/o aire levanta el disco de su asiento. El flujo radial debajo del disco, hacia las cámaras de control. La descarga prosigue hasta que el condensado se acerca a la temperatura del vapor.



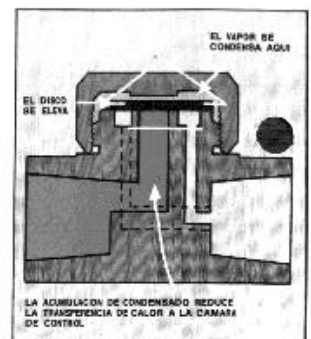
#### CERRANDO

La alta velocidad del vapor flash pasando bajo el disco, reduce la presión en esa área, y al mismo tiempo presuriza la cámara de control, empujando al disco contra su asiento, asegurando un cierre perfecto sin pérdida de vapor.



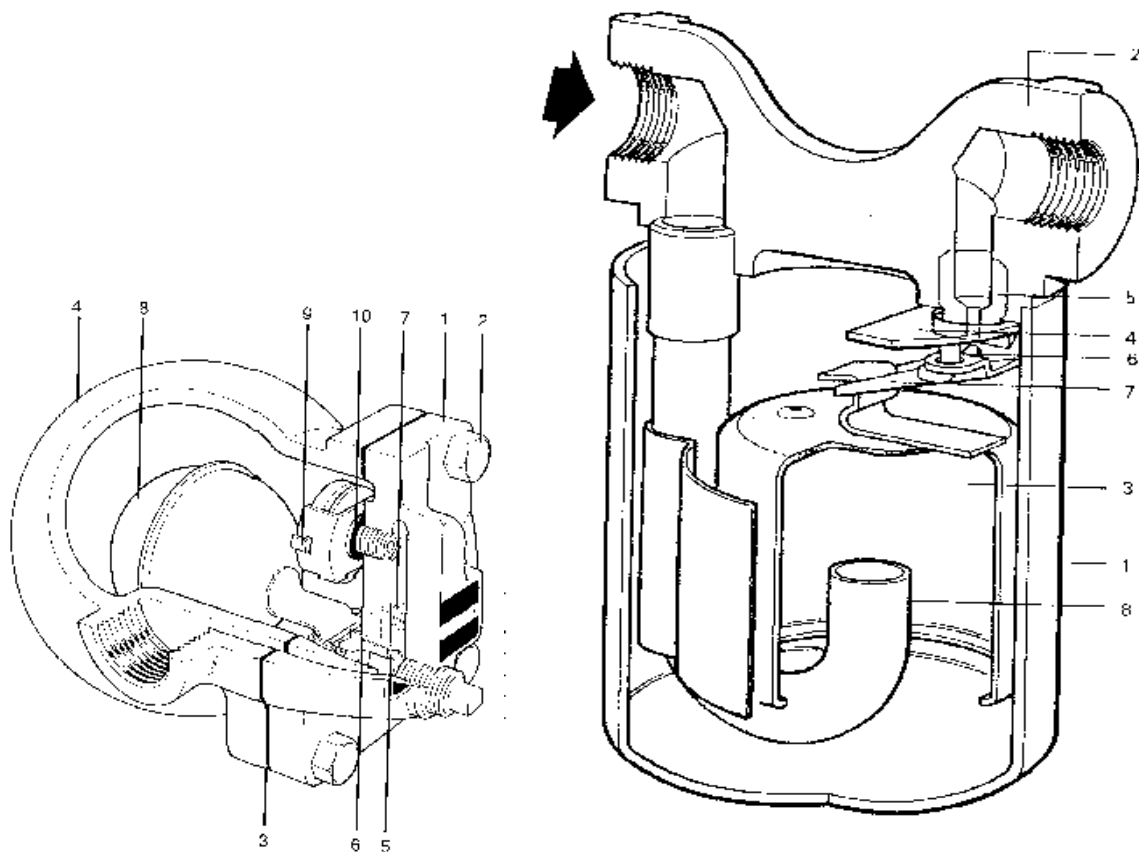
#### CERRADA

La presión del vapor en la cámara de control, actuando sobre toda la superficie del disco, lo mantiene cerrado contra la presión de entrada que actúa sobre un área menor.



#### ABRIENDO

Por transferencias térmicas a través del cuerpo y tapa, el vapor alojado en la cámara de control condensa, disminuyendo la presión sobre el disco. Este es levantado por la presión de entrada, descargando el condensado y reiniciando el ciclo.



### Recuperación del condensado

Las trampas de vapor además de servir para descargar el condensado en las conducciones es el elemento que se utiliza en los calentadores a vapor para extraer el condensado de los mismos y a través de ellas recuperar el condensado. El condensado de vapor, está a la temperatura de saturación del líquido para la presión a que se condensó. Esta temperatura puede ser un poco inferior a la de saturación por un subenfriamiento que haya sufrido.

Recuperar el condensado significa recuperar el agua ya tratada ( clarificada, ablandada, y desmineralizada) y recuperar el calor sensible que ésta posea.

Si el consumo de Vapor en los calentadores es de 17500 kg/h a la presión absoluta de 11 kg/cm<sup>2</sup>, si recupero toda el agua condensada a una temperatura 15°C por debajo de la saturación ( que para 11 kg/cm<sup>2</sup> es 183 °C ) tendré:

temperatura del condensado = 168°C

temperatura del agua de reposición = 20°C

Calor ahorrado con la recuperación:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta t = 17500 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot 1 \cdot \frac{\text{kcal}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot (168 - 20) \cdot C = 2590000 \cdot \frac{\text{kcal}}{\text{h}}$$

Que si tenemos en cuenta que el Fuel Oil usado como combustible ( con el que producimos el vapor) tiene un poder calorífico de aproximadamente 9600 kcal/kg y la caldera tiene un rendimiento aproximado de un 85%, entonces a grosso modo tenemos un ahorro de :

$$\frac{2590000 \cdot \frac{\text{kcal}}{\text{h}}}{9600 \cdot \frac{\text{kcal}}{\text{kg}} \cdot 0.85} = 317.402 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Esto en cuanto al ahorro de combustible, pero si además calculamos cuanto nos cuesta producir cada litro de agua de alimentación de caldera por el consumo de productos químicos que tenemos en el proceso de tratamiento, tendremos el total ahorrado por la recuperación del condensado.