

EXPANSORES

INTRODUCCIÓN

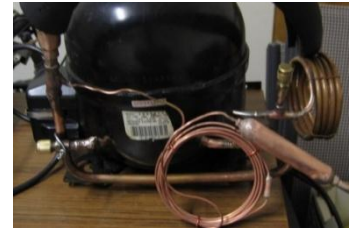
El dispositivo de expansión se define en el reglamento de instalaciones frigoríficas como:

"Elemento que permite y regula el paso del refrigerante líquido desde un estado de presión más alto a otro más bajo. Se consideran como tales las válvulas de expansión (manuales, termostáticas y electrónicas), los tubos capilares, los flotadores de alta, etc."

Nosotros vamos a estudiar la válvula de expansión termostática y el tubo capilar.

Los expansores producen una pérdida de carga al refrigerante, bajando su presión y temperatura. Para ello se hace pasar al refrigerante líquido a través de una restricción en la cual se reducirá la presión, debido a la pérdida de carga producida en ese elemento. El fenómeno de expansión propiamente dicho se produce por el aumento de volumen brusco que experimenta el líquido a la salida de la restricción mencionada. En este repentino aumento de volumen del refrigerante líquido, parte de él se evapora, enfriándose a sí mismo.

Los tubos capilares son tubos muy finos, a partir de 0,5 mm, y largos en los que, a costa de aumentar su velocidad, el refrigerante reduce su presión. No cumplen la condición de regular el caudal del fluido, siempre permiten el mismo paso de refrigerante, produciendo una expansión fija. Se utilizan en los refrigeradores domésticos y en aparatos de pequeña potencia.



La válvula de expansión termostática o válvula de termo expansión es un dispositivo diseñado para regular el flujo de refrigerante líquido hacia el evaporador, en la misma proporción en que el refrigerante líquido dentro del evaporador se va evaporando. Esto lo logra manteniendo un sobrecalentamiento predeterminado a la salida del evaporador (línea de succión), lo que asegura que todo el refrigerante líquido se evapore dentro del evaporador, y que solamente regrese al compresor refrigerante en estado gaseoso.

La cantidad de gas refrigerante que sale del evaporador puede regularse, puesto que la termo válvula responde a:

1. La temperatura del gas que sale del evaporador y,
2. La presión del evaporador.

En conclusión, las principales funciones de una válvula de termo expansión son: reducir la presión y la temperatura del líquido refrigerante, alimentar líquido a baja presión hacia el evaporador, según la demanda de la carga, y mantener un sobrecalentamiento constante a la salida del evaporador.

LA VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA

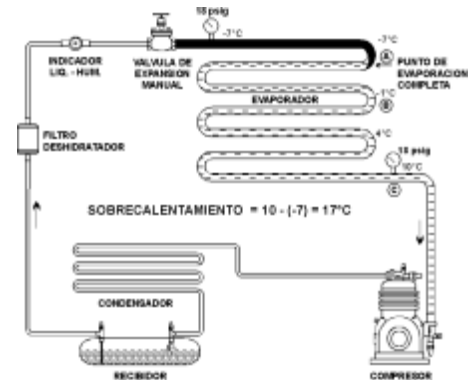
Necesidad de su utilización

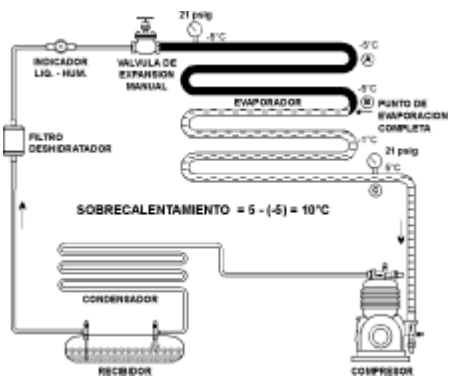
Para explicar el funcionamiento de la válvula de expansión, utilizaremos un sistema de refrigeración con R-134a. Si al inicio de la operación se abre ligeramente la válvula de expansión manual, alimentará al evaporador una pequeña cantidad de refrigerante líquido a baja presión y a baja temperatura, como se muestra en la figura. Como la temperatura del aire que pasa a través del serpentín, es más alta que la del refrigerante, este calor causará que primero se caliente y luego se evapore. Como es poco el líquido que está entrando al evaporador, rápidamente se evaporará todo muy cerca de la entrada (punto A). Si la presión dentro del evaporador es de 18 psig (225 kPa), la temperatura de ebullición (saturación) correspondiente a esta presión será de -7°C .

Una vez en forma de vapor, el refrigerante seguirá su recorrido por el evaporador recogiendo calor sensible, el cual le aumentará su temperatura y lo sobrecalentará.

En el punto B, se supone que su temperatura es de -1°C por lo tanto, su sobrecalentamiento es de 6°C . A la salida del evaporador (punto C), la temperatura del gas de succión es de 10°C , por lo que el sobrecalentamiento será la diferencia entre esta temperatura y la de saturación, correspondiente a 18 psig; es decir, $10 - (-7) = 17^{\circ}\text{C}$.

Hasta aquí, se pueden observar dos cosas: el sobrecalentamiento es muy alto, ya que para un sistema de este tipo lo normal sería de 5 ó 6°C . Por otro lado, no se está aprovechando al máximo la superficie del evaporador para recoger calor latente, debido a que el refrigerante se evapora casi en la entrada y recorre la mayor parte en forma de vapor, recogiendo calor sensible. Por lo tanto, es necesario alimentar una mayor cantidad de líquido.

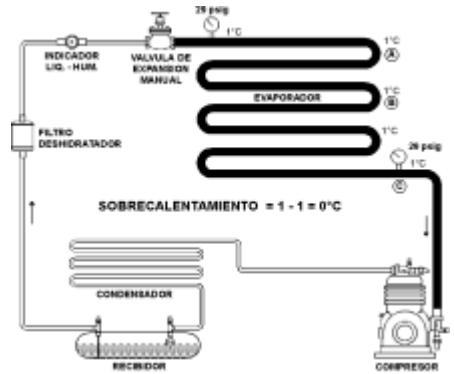




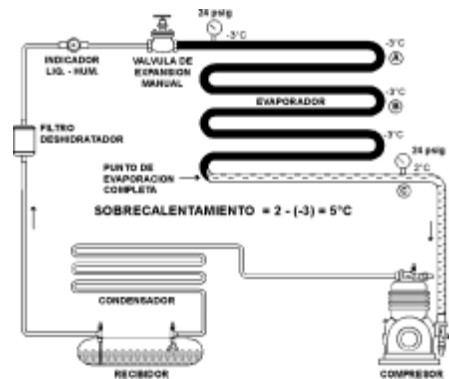
Para esto, es necesario abrir un poco más la válvula de expansión manual. Al entrar más líquido al evaporador, aumentará la presión de succión de 18 a 21 psig, ya que aumenta la carga en el compresor, y por lo tanto, aumenta la temperatura de saturación como se muestra en la figura. Si el aumento del flujo de líquido es tal, que se evapora todo en el punto B, el vapor formado recorre menos distancia dentro del evaporador y su sobrecalentamiento será menor. Si la temperatura del gas de succión en el punto C es de 5 °C, el sobrecalentamiento será de $(5) - (-5) = 10$ °C, el cual todavía es alto.

ya que el refrigerante sale a la misma temperatura que entra. Pero lo más preocupante es la probabilidad de un daño al compresor, a causa del regreso de refrigerante líquido.

Por todo lo anterior, se concluye que la condición más adecuada a que debe funcionar un evaporador, es que se evapore totalmente el refrigerante un poco antes de salir de éste. De esta manera, se aprovechará al máximo la superficie de transmisión de calor latente, y se asegurará que al compresor le llegue únicamente vapor sobrecalentado.



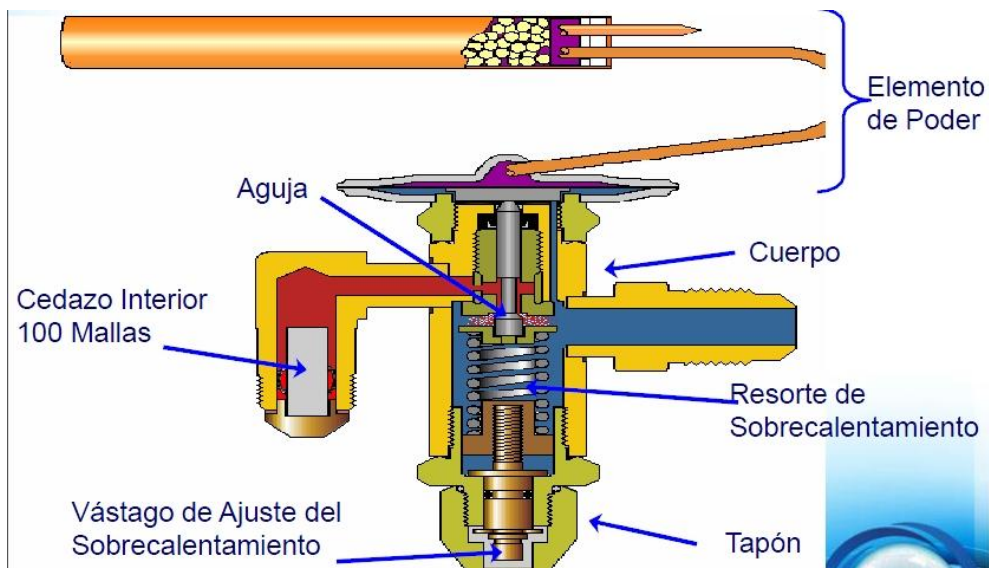
En la última figura se muestra esta condición, donde se puede apreciar que el sobrecalentamiento es de 5 °C, lo cual es un valor aceptable.



Antiguamente, cuando la válvula de expansión manual era el único dispositivo de control disponible, era muy complicado y tedioso mantener esta condición en el evaporador, debido a las variaciones en la carga térmica. Un operador debía estar casi permanentemente abriendo o cerrando la válvula para mantener el sobrecalentamiento adecuado. En la actualidad, con la válvula de termo expansión se puede lograr una condición muy aproximada a la ideal, ya que regula de manera automática la alimentación de refrigerante al evaporador, manteniendo un sobrecalentamiento casi constante en la salida.

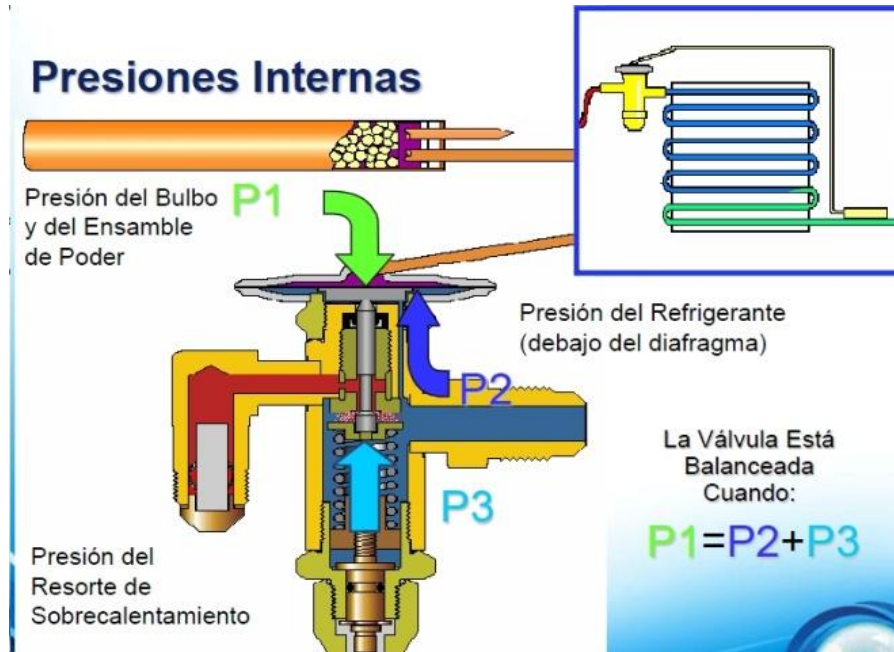
Para que la VET funcione adecuadamente, el bulbo sensor deberá instalarse en una posición correcta en la línea de succión, a la salida del evaporador.

Partes de la VET

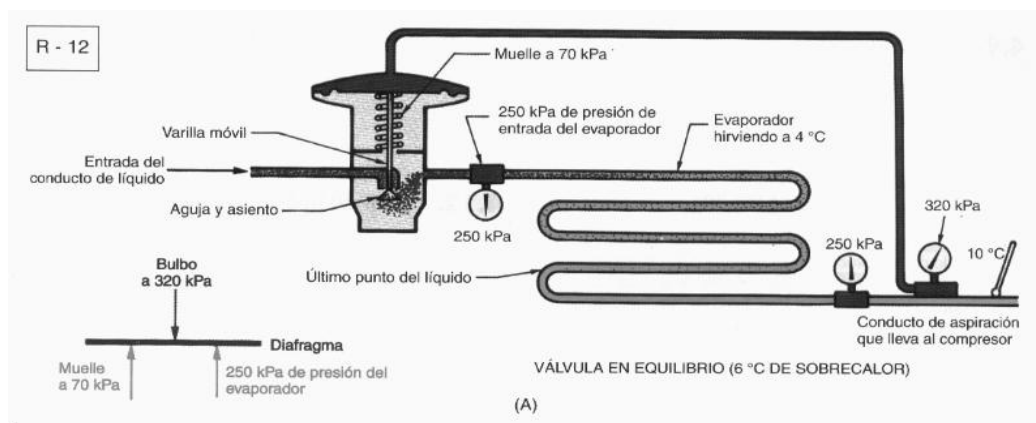


Funcionamiento de la VET

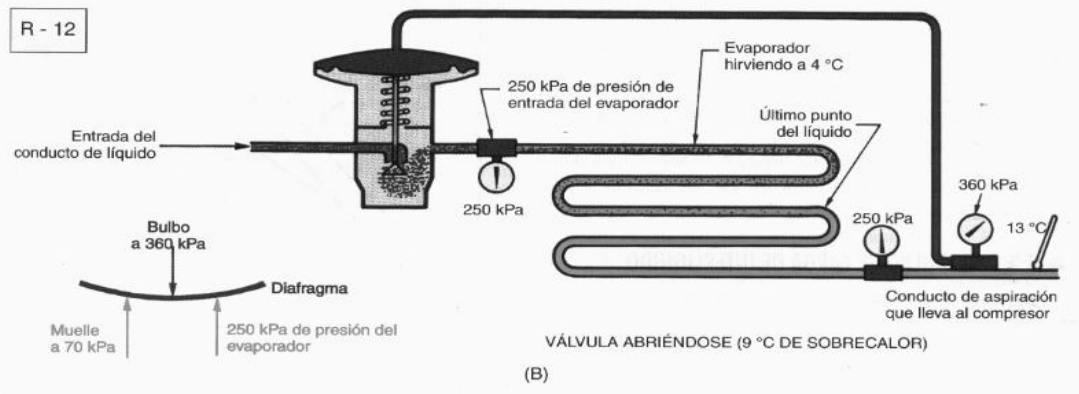
Para poder entender los principios de operación de la VET, es necesario revisar sus principales componentes. Un bulbo sensor está conectado a la VET a través de un tubo capilar, que transmite la presión del bulbo hasta la parte superior del diafragma de la válvula. En el interior del bulbo existe un fluido, que en un principio supondremos igual al refrigerante de la máquina, y que tendrá aproximadamente la misma temperatura que la del gas de aspiración, ya que, tal y como podemos ver en la figura, se encuentra situado sobre dicha tubería. El conjunto bulbo sensor, tubo capilar y diafragma es conocido como elemento termostático.



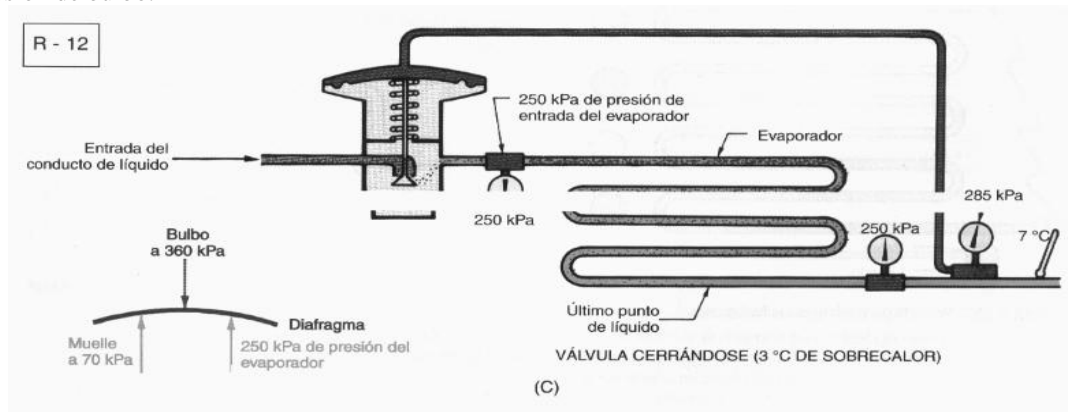
Hay tres presiones fundamentales que actúan sobre el diafragma de la válvula y afectan su operación: Presión de bulbo sensor **P1**, presión de evaporador **P2**, y presión equivalente de resorte **P3**. La presión de bulbo sensor es una función de la temperatura de la **carga termostática**, la sustancia dentro del bulbo. Esta presión actúa sobre la parte superior del diafragma de la válvula, causando que la válvula se mueva hacia una posición más abierta. Las presiones de evaporador y del resorte actúan juntas debajo del diafragma, haciendo que la válvula se mueva hacia una posición más cerrada. Durante la operación normal de la válvula, la presión de bulbo sensor debe ser igual a la suma de las presiones del resorte y evaporador.



A medida que la temperatura de bulbo aumenta, la presión de bulbo también aumenta, haciendo que el eje se mueva alejándose del orificio de la válvula, permitiendo un mayor flujo de refrigerante hacia dentro del evaporador. La válvula continúa abriéndose hasta que la presión de evaporador incrementa lo suficiente, de tal manera que la suma de las presiones de evaporador y resorte se equilibra con la presión de bulbo



A la inversa, a medida que la temperatura de bulbo disminuye, la presión de bulbo disminuye haciendo que el eje se mueva hacia el orificio, permitiendo un menor flujo de refrigerante hacia dentro del evaporador. La válvula continúa cerrándose hasta que la presión de evaporador disminuye lo suficiente de tal manera que la suma de presiones de evaporador y resorte se equilibra con la presión de bulbo.



El efecto regulador de la VET

Un cambio en la temperatura del vapor de refrigerante en la salida del evaporador es causado por uno de dos eventos: (1) la presión del resorte es cambiada por medio del ajuste de la válvula, y (2) un cambio en la carga térmica del evaporador.

Cuando la **presión del resorte es aumentada** girando el ajuste de válvula en dirección de las manecillas del reloj, se disminuye el flujo de refrigerante hacia dentro del evaporador. La temperatura del vapor en la salida del evaporador aumenta, dado que el punto donde el refrigerante se vaporiza completamente, se mueve más atrás dentro del evaporador, dejando una mayor superficie de evaporador para calentar el refrigerante a su forma gaseosa. Las temperaturas reales del vapor de refrigerante y bulbo serán controladas en el punto donde la presión de bulbo se equilibra con la suma de las presiones de evaporador y resorte.

A la inversa, cuando la **presión del resorte es disminuida** girando el ajuste de la válvula en dirección contraria a las manecillas del reloj, incrementa el flujo de refrigerante hacia dentro del evaporador y disminuyen las temperaturas del vapor de refrigerante y del bulbo. La presión de resorte determina el recalentamiento al cual controla la válvula. Aumentar la presión de resorte aumenta el recalentamiento, disminuir la presión de resorte disminuye el recalentamiento.

Un **aumento en la carga térmica** del evaporador hace que el refrigerante se evapore a mayor velocidad. Como resultado, el punto de completa vaporización del flujo de refrigerante se mueve más atrás dentro del evaporador. Las temperaturas de vapor de refrigerante y bulbo aumentan, causando un incremento en la presión de bulbo y que la válvula se mueva en dirección de abrir, hasta que las tres presiones se equilibran.

A la inversa, si se **reduce la carga térmica en el evaporador**, causa una disminución en las temperaturas de vapor y bulbo, y que la válvula se mueva en la dirección de cerrar hasta que las tres presiones se equilibran. A diferencia de un cambio en la presión de resorte debido a un ajuste de válvula, un cambio en la carga térmica del evaporador no afecta apreciablemente el recalentamiento de control de una válvula de expansión termostática. Esto se debe al hecho de que las VETs son diseñadas esencialmente para mantener constante la diferencia entre las presiones de bulbo y evaporador, y por ende, controlan el recalentamiento sin importar la carga térmica.

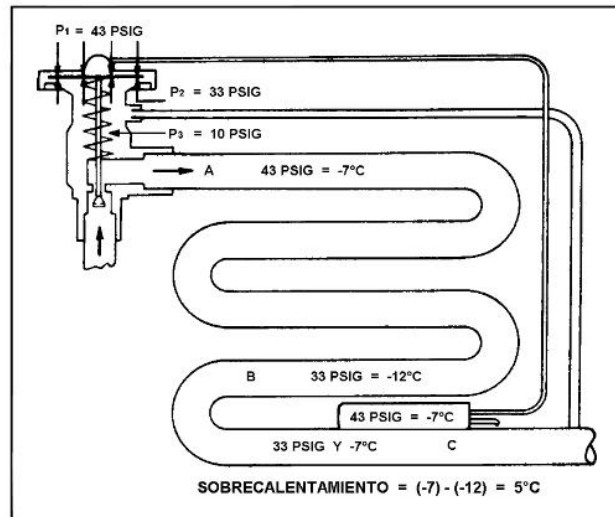
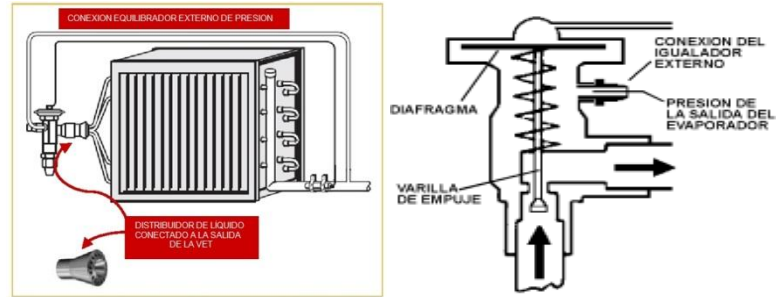
VET con equilibrador externo

En evaporadores grandes, o cuando tienen varios circuitos en paralelo y están alimentados por distribuidores de líquido, existe **caída de presión**, es decir, entre la presión a la entrada y la presión a la salida del mismo hay una diferencia que debemos tener en cuenta.

La presión que ejerce el evaporador tendente a cerrar la válvula puede ser la que existe a la entrada del mismo o la que existe a la salida en el caso de VETs con equilibrador externo de presión.

En el caso de que exista caída de presión se produce un aumento del recalentamiento respecto al que se había previsto, lo cual

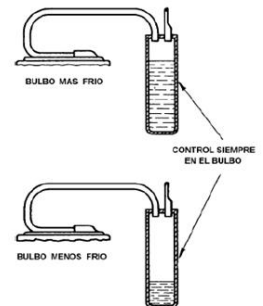
origina un menor aprovechamiento del evaporador. Esto es debido a que si la presión que tiende a cerrar la válvula es la de entrada del evaporador, que es mayor que la de evaporación debido a la caída de presión, debe compensarse con un aumento de la presión del bulbo, o dicho de otra forma, con un aumento de la temperatura en el lugar donde se encuentra situado, lo que se traduce, por tanto, en un aumento del recalentamiento.



La carga en el bulbo

El bulbo debe contener siempre refrigerante en estado líquido independientemente de la temperatura a la que se encuentre, de forma que la presión del bulbo se corresponde siempre con la de saturación correspondiente a la temperatura del bulbo.

La desventaja que tienen las VET con este tipo de carga es que durante el arranque abren demasiado y puede llegar líquido al compresor o provocarle una sobrecarga como consecuencia del exceso de refrigerante introducido en el evaporador. Esto es debido a que al arrancar el compresor la presión de aspiración baja más rápidamente que la temperatura del bulbo y, por tanto, la válvula abre en exceso.



Carga MOP: En este caso, la carga que lleva el bulbo en su interior es la misma que en el caso anterior, pero en una cantidad limitada, de tal forma que a cierta temperatura en bulbo, se habrá evaporado toda la cantidad de líquido existente en su interior. Al ocurrir esto, toda la carga se convierte en vapor saturado y cualquier incremento posterior de la temperatura del bulbo provocará un recalentamiento del gas, y como los gases se comprimen, la presión ejercida no aumentará como si aún existiese líquido.

En este tipo de válvulas la presión máxima que puede ejercerse por el bulbo se encuentra limitada, y se le conoce como **Máxima Presión Operativa (MOP)**. La función MOP de una válvula permite proteger al compresor de las altas presiones de aspiración, ya que si la temperatura aumenta por encima del MOP la presión ejercida por el evaporador continua aumentando, mientras que la del bulbo no aumentará de la misma forma, resultando que la válvula cierra disminuyendo la cantidad de refrigerante que deja pasar hacia el evaporador.

La válvula de expansión con MOP protege al compresor de las altas presiones de aspiración.

Instalación de la VET

Posición del bulbo: El bulbo debe situarse a la salida del evaporador sobre la tubería de aspiración haciendo buen contacto con la misma y protegiéndolo de posibles influencias externas. Para su sujeción se emplean las abrazaderas facilitadas por el fabricante.

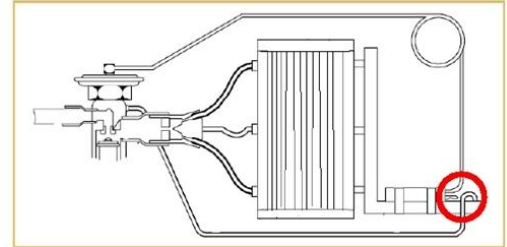
La ubicación depende del diámetro de la tubería y en la tabla siguiente aparecen las distintas posiciones en función del diámetro de la tubería.

Diámetro	Posición
< 7/8	12
7/8 a 1-5/8	2
>2	4



El bulbo no debe situarse nunca sobre un tramo vertical de la tubería, ni sobre el colector de salida del evaporador. En el caso de que exista un tramo de tubería ascendente debe colocarse antes del mismo un sifón para que durante las paradas se acumule allí el aceite y el refrigerante que no se haya evaporado sin afectar al bulbo.

Equilibrador externo de presión: En las válvulas de expansión termostáticas con equilibrador externo de presión la conexión de éste debe realizarse después del bulbo. Cuando la conexión se realice en tramos de tubería horizontales, ésta deberá ser siempre por la parte superior para evitar acumulación de aceite en la línea del igualador.



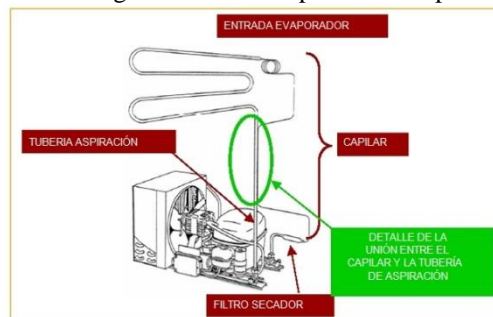
EL TUBO CAPILAR

Este dispositivo de expansión sólo consiste en un tubo de cobre con un diámetro interior calibrado, cuyos valores suelen encontrarse entre 0,6 y 2,5 mm, y con una longitud variable en función de la caída de presión que se desee obtener. Generalmente suelen emplearse en equipos fabricados en serie donde la carga frigorífica puede suponerse que no sufre grandes variaciones.

Para determinar la longitud y diámetro interior del tubo suele recurrirse a procedimientos experimentales, aunque existen tablas y gráficos que permiten determinar de forma aproximada el tamaño del tubo capilar.

Este dispositivo no tiene partes en movimiento y por tanto no se encuentra sometido a desgaste. En el supuesto de que fuese necesario sustituir el capilar por otro debemos elegir uno con las mismas características (diámetro interior y longitud) que el original.

La instalación del tubo capilar en la máquina se realiza soldando una parte del mismo a la tubería de aspiración, evitando de esta forma que se evapore demasiado refrigerante durante el proceso de expansión.



En las máquinas que llevan tubo capilar durante los periodos de parada se produce una igualación de las presiones entre el lado de alta y el de baja presión, y mientras esto ocurre continúa el paso de refrigerante líquido desde el condensador al evaporador. Este proceso suele durar aproximadamente unos cinco minutos. Cuando la máquina vuelva a ponerse en marcha, el compresor arranca prácticamente en vacío ya que las presiones de alta y baja son iguales, lo que permite emplear motores con bajo par de arranque LST (*Low Start Torque*).

La única avería que puede producirse sería debida a una obstrucción como consecuencia de ceras, humedad, por lo que debe realizarse la alimentación del capilar por medio de un filtro secador.

Las máquinas con tubo capilar para la expansión deben llevar la carga de refrigerante exacta ya que carecen de recipiente de líquido, por lo que el condensador debe ser capaz de almacenar todo el refrigerante en el caso de producirse una obstrucción del tubo.

En la actualidad se utilizan otros sistemas de expansión, especialmente en los equipos de aire acondicionado que sustituyen al capilar y que se comportan de forma similar a éste.

