

VALVULAS DE TERMO EXPANSION

Introducción.....	54	Fluctuación (Oscilación o Clicleo).....	66
Definición.....	55	Operación a la Capacidad Reducida.....	66
Relaciones entre Temperatura y Presión.....	55	Tipos de Cargas del Bulbo Remoto.....	67
Principios del Sobrecalentamiento.....	56	La Carga Líquida.....	67
Efectos del Sobrecalentamiento en un		La Carga Gaseosa.....	68
Sistema de Refrigeración Simple.....	57	La Carga Cruzada.....	70
Partes Principales.....	58	La Carga de Adsorción.....	72
Principios de Operación.....	58	Bulbos con Balasto.....	73
Caída de Presión a Través del Evaporador.....	60	¿Cual Carga Utilizar?.....	73
Igualador Interno.....	60	Válvulas de Termo Expansión de Puerto	
Igualador Externo.....	60	Balanceado.....	73
Usos del Igualador Externo.....	61	Cómo Seleccionar una Válvula de Termo	
Aplicación del Igualador Externo.....	62	Expansión.....	75
Ubicación del Igualador Externo.....	62	Medición y Ajuste del Sobrecalentamiento.....	79
Ubicación del Bulbo Remoto.....	64	Ejemplos de Cómo Medir el Sobrecalentamiento.....	80
Termopozo para Bulbo Remoto.....	65	Cómo Ajustar el Sobrecalentamiento.....	81

Introducción

Debido a su capacidad para controlar el refrigerante y a su adaptabilidad a las muchas y variadas aplicaciones del ciclo de refrigeración, la válvula de expansión termostática ha jugado un papel importante en el continuo progreso de la industria de refrigeración y aire acondicionado y su tecnología.

Como muchos otros componentes del sistema, el desarrollo de la válvula de expansión termostática, ha sido un resultado de la evolución técnica. En los primeros días de la refrigeración mecánica, el control del refrigerante se hacía con una válvula de aguja operada manualmente, la cual se sigue utilizando en la actualidad, sobre todo en sistemas de refrigeración con amoníaco. Mientras que este dispositivo proporcionaba alguna medida de control en aplicaciones donde la carga era constante, no respondía a otras condiciones que afectaban la cantidad de refrigerante que pasa a través de ella, tales como cambios

de presión en el líquido causados por variaciones en la presión de descarga del compresor. De conformidad con esto, el uso de la válvula de expansión manual, figura 6.1, requiere supervisión constante donde una carga variable podría producir condiciones de falta de refrigerante en el evaporador, o una excesiva alimentación de líquido.

El subsecuente desarrollo de un medio para superar esta dificultad, produjo lo que se conoció como la válvula de expansión automática. La descripción más precisa de este dispositivo sería: una válvula de control de la presión constante del evaporador, ya que mantenía una presión constante en la salida, a pesar de los cambios en la presión del líquido a la entrada, la carga u otras condiciones, según se muestra en la figura 6.2.

La válvula de expansión automática fue un decidido progreso sobre la válvula de expansión manual. Mantenía la temperatura más constante y controlaba mejor la escarcha en la línea del evaporador. También, cerraba la línea de líquido cuando paraba el compresor, y evitaba el flujo excesivo al arrancar el mismo. Sin embargo, este disposi-

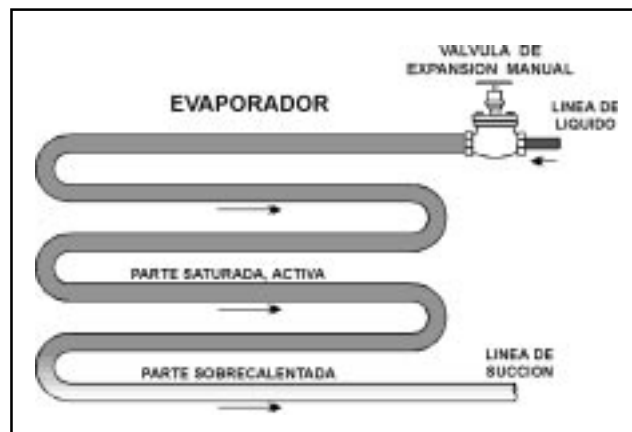


Figura 6.1 - Evaporador con válvula de expansión manual.

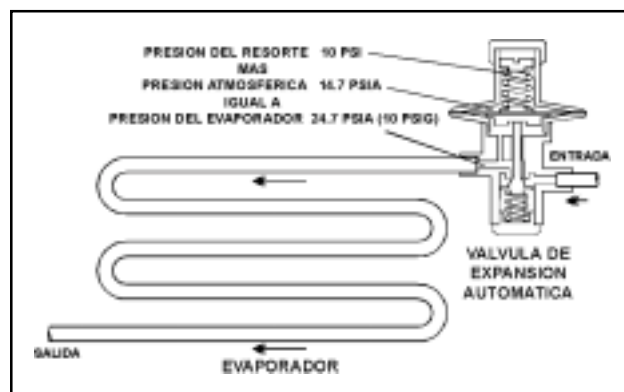


Figura 6.2 - Evaporador con válvula de expansión automática.

tivo también tenía sus desventajas y limitaciones. Tendía a sobrealimentar refrigerante al evaporador cuando la carga térmica era baja, o a no alimentar suficiente cuando la carga térmica era alta. Por lo tanto, la disminución de la temperatura era lenta; ya que no se aprovechaba el área completa del evaporador ni su capacidad, al arrancar el ciclo de refrigeración.

A fines de la década de los 20's, se desarrolló un dispositivo que superaba las limitaciones que tenían los otros dos tipos de válvulas de expansión, la manual y la automática. A este dispositivo se le llamó válvula de expansión termostática. Originalmente, el propósito era que controlara el flujo de refrigerante líquido hacia el evaporador, de tal manera que lo mantuviera todo el tiempo activo; es decir, que el evaporador estuviera todo el tiempo lleno de refrigerante líquido para aprovechar al máximo la extracción de calor latente, aún con las variaciones de la carga térmica, y también, que cuando el compresor parara, se cerrara la válvula.

Obviamente, si el evaporador está todo el tiempo lleno de líquido, no se tendría vapor sobrecalentado y ese líquido estaría regresando al compresor. En la actualidad sabemos que esto no es conveniente, y que a la salida del evaporador, el refrigerante debe de estar en forma de vapor y a una temperatura mayor que la de saturación. Esta es una de las funciones de la válvula de expansión termostática, mantener un sobrecalentamiento constante a la salida del evaporador.

Definición

La válvula de expansión termostática o válvula de termo-expansión, es un dispositivo de medición 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.

Debido a que en el nombre dado a este dispositivo se incluye la palabra «termo», se tiene la falsa idea de que se utiliza para controlar directamente la temperatura, y muchos técnicos intentan erróneamente controlar la temperatura del refrigerador, moviendo el ajuste de la válvula.

El propósito de este capítulo es informar al lector sobre lo más importante relacionado con estos dispositivos: el principio del sobrecalentamiento - que es una de las funciones de la válvula de termo expansión, así como la teoría de operación, selección y aplicación adecuadas de estos dispositivos. Antes de estudiar en detalle las válvulas de termo expansión, es conveniente recordar algunos conceptos de refrigeración que están asociados con su funcionamiento:

Línea de Succión. Es el tramo de tubería que une al evaporador con el compresor y por donde circula el vapor sobrecalentado o «Gas de Succión».

Línea de Líquido. Es el tramo de tubería que une al Condensador con la VTE, y en el cual circula refrigerante líquido a alta presión.

Temperatura de Saturación. Es la temperatura a la que se evapora el refrigerante dentro del evaporador. También se le conoce como temperatura de evaporación; en ese punto, el vapor y el líquido tienen la misma temperatura.

Calor Latente de Evaporación. Es el calor recogido por el refrigerante al pasar de líquido a vapor. No hay aumento en la temperatura.

Calor Sensible. Es el calor utilizado por el refrigerante para aumentar su temperatura, ya sea que esté en fase líquida o de vapor; es decir, por abajo o arriba de su temperatura de saturación. Cuando está en forma de vapor, este calor le ocasiona el sobrecalentamiento al refrigerante.

Evaporación Completa. Es el punto dentro del evaporador en el que el refrigerante líquido se convierte a vapor. Este punto lo determina la cantidad de líquido que entra al evaporador. Después de este punto, el calor que recoge el vapor es calor sensible y es sobrecalentado.

Relaciones entre Temperatura y Presión

Para entender mejor el funcionamiento de una válvula de termo expansión, es fundamental entender lo que es el sobrecalentamiento, y para entender este último, se deben conocer las relaciones entre la presión y la temperatura para cualquier fluido.

Cuando aplicamos calor a una sustancia y la presión permanece constante, la sustancia sufrirá algunos cambios, tales como variaciones en su temperatura o cambios de estado. En la figura 6.3, se muestran los cambios que ocurren cuando se le aplica calor a un kilogramo de agua que se encuentra originalmente a 0 °C y a la presión atmosférica:

1. La línea A-B representa el calor sensible, necesario para elevar la temperatura del líquido desde 0 °C (punto de congelación), hasta 100°C (punto de ebullición). Se requiere un total de 100 kilocalorías.
2. A partir de este punto ("B"), si se sigue agregando continuamente calor, la temperatura del agua no cambia, permanece en 100°C, lo que cambia es su estado pasando de líquido a vapor. Esta condición continúa

hasta que se evapora la última gota de agua (punto "C"). El vapor producido durante la ebullición, tiene la misma temperatura que el líquido y se le conoce como vapor saturado. El calor total requerido para evaporar un kilogramo de agua es de 536 kilocalorías, y se conoce como calor latente de evaporación.

- Si todo el vapor producido por el kilogramo de agua se sigue calentando, se elevará su temperatura arriba de 100°C. Este calor se llama sensible. La temperatura arriba de 100°C es el sobrecalentamiento y también se mide en grados. En el punto "D" de la figura, se muestra claramente que el vapor a 110°C y presión atmosférica es vapor que ha sido sobrecalentado 10°C.

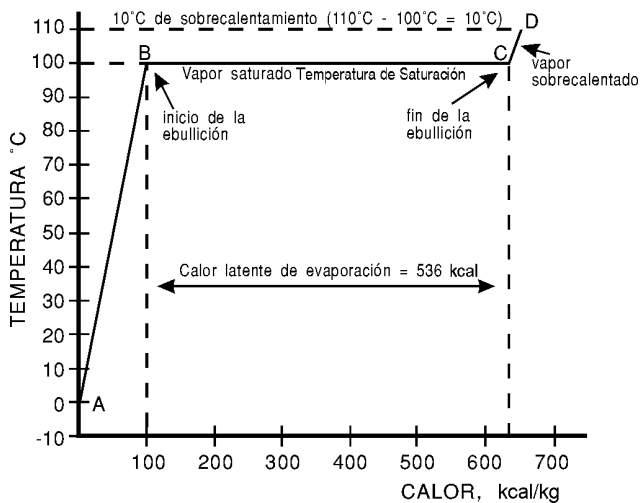


Figura 6.3 - Efecto del calor sobre el agua a la presión atmosférica.

Principios del Sobrecalentamiento

Para cualquier otro fluido diferente al agua, el comportamiento es similar, sólo que los cambios se llevan a cabo en un rango de temperaturas distinto. En la figura 6.4, se muestran los cambios que se llevan a cabo cuando se aplica calor al refrigerante 12. Como ya sabemos, la temperatura de ebullición del R-12, a la presión atmosférica, es de -30°C. De manera similar que al agua, cuando todo el líquido se ha evaporado, cualquier cantidad de calor adicional, aumentará la temperatura del vapor por arriba de la de saturación, sobrecalentándolo.

Como podemos ver en la figura 6.4, para aumentar la temperatura de un kilogramo de R-12 líquido desde -40°C hasta -30°C, su temperatura de ebullición, se requieren aproximadamente 3.9 kilocalorías. Para evaporar todo el kilogramo de R-12 se requerirán 39.4 kilocalorías más, lo que sería el calor latente de evaporación. Si el vapor formado se sigue calentando, el calor agregado sería calor sensible y sólo serviría para sobrecalentar el vapor. Así, si se eleva la temperatura del vapor hasta -25°C, tendrá un sobrecalentamiento de (-30)-(-25), es decir, 5°C.

En conclusión, el sobrecalentamiento no es solamente una temperatura, es una diferencia de temperaturas. Su

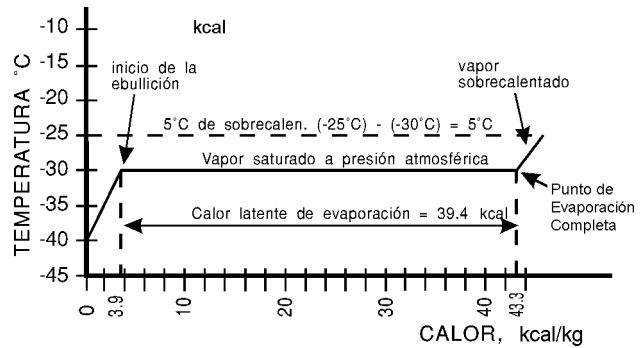


Figura 6.4 - Refrigerante 12 a la presión atmosférica.

valor es igual a los grados de temperatura que el vapor tiene por arriba de la temperatura de saturación.

En la práctica real, los refrigerantes no se trabajan a la presión atmosférica, por lo que el ejemplo anterior, es solamente para ilustrar el principio del sobrecalentamiento. También hay que recordar que las relaciones entre la presión y la temperatura para un líquido, son directamente proporcionales; es decir, al aumentar la presión aumenta la temperatura y viceversa. Cuando a un líquido se le reduce su presión, disminuye su punto de ebullición, y para evaporarlo, se requiere más calor. Por el contrario, cuando se aumenta la presión sobre el líquido, aumenta su temperatura de ebullición. En cada uno de estos puntos, tanto el líquido como el vapor, están en una condición de saturación.

Si estas relaciones de presión-temperatura se grafican, al unir los puntos se obtienen las curvas de saturación. En la gráfica de la figura 6.5, se muestran las temperaturas de ebullición del R-22 a diferentes presiones. El eje horizontal representa la temperatura en °C, y el eje vertical representa la presión tanto en psig y pulgadas de mercurio, como en kiloPascuales (kPa). Nótese cómo cambia la temperatura de saturación cuando cambia la presión; al aumentar la presión, se requiere mayor temperatura para hervir el

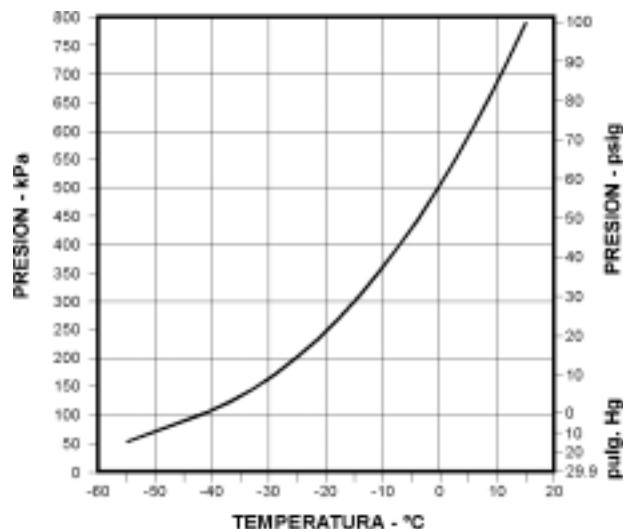


Figura 6.5 - Puntos de ebullición del R-22 a varias presiones.

refrigerante. Por ejemplo, a una presión de 600 kPa (72.3 psig) el R-22 hierve a 6 °C, y a una presión de 200 kPa (14.3 psig) hierve a -25 °C.

Puesto que cada refrigerante tiene sus propias características de presión-temperatura, al graficarlas se obtendrán curvas diferentes.

Efectos del Sobrecalentamiento en un Sistema de Refrigeración Simple

Una vez definido el principio básico del sobrecalentamiento, lo que sigue a continuación es aplicarlo a un sistema de refrigeración simple, consistente de un compresor, un condensador, un tanque receptor, un evaporador de expansión directa y el más simple de los dispositivos de control: una válvula de expansión manual.

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 6.6. 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, $10 - (-7) = 17$ °C.

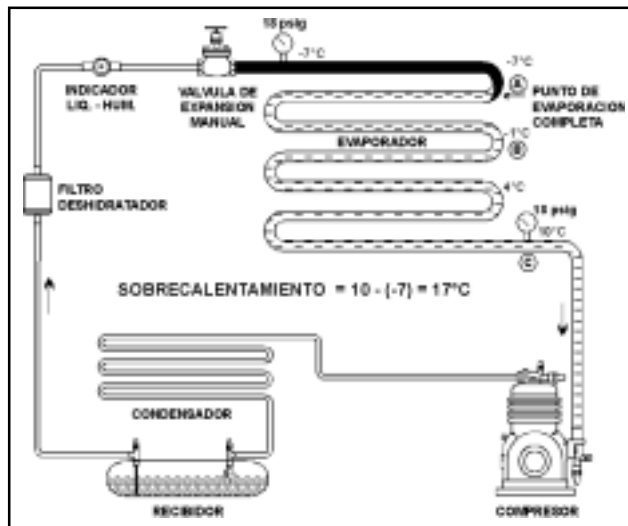


Figura 6.6 - Sistema de refrigeración con alto sobrecalentamiento.

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 6.7. 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.

Si nuevamente abrimos la válvula de expansión manual, pero esta vez lo suficiente para que el evaporador se llene

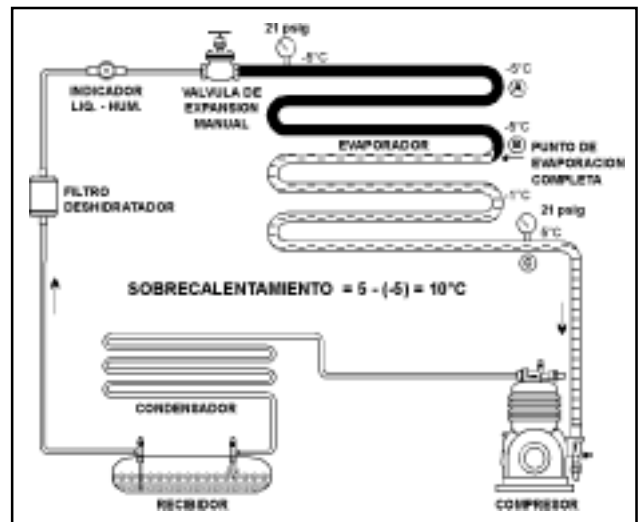


Figura 6.7 - Aumentar el flujo reduce el sobrecalentamiento.

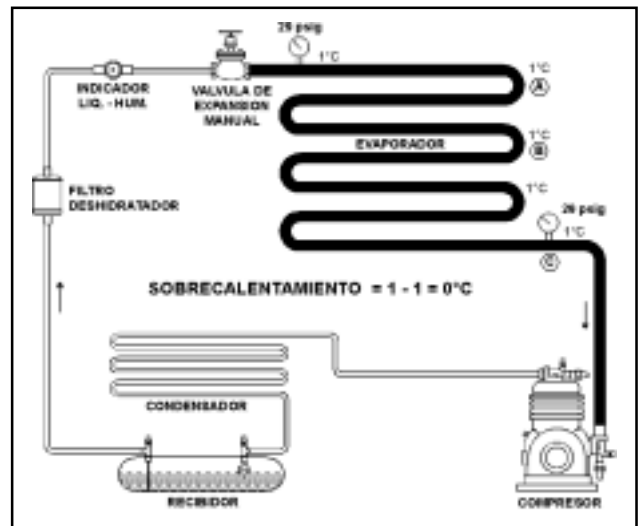


Figura 6.8 - Demasiado flujo provoca regreso de líquido al compresor.

de líquido, como se muestra en la figura 6.8, se presentarán las siguientes condiciones: aumentan la presión y la temperatura, se reduce la capacidad del compresor, se desperdicia refrigerante y no hay sobrecalentamiento, 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 figura 6.9 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

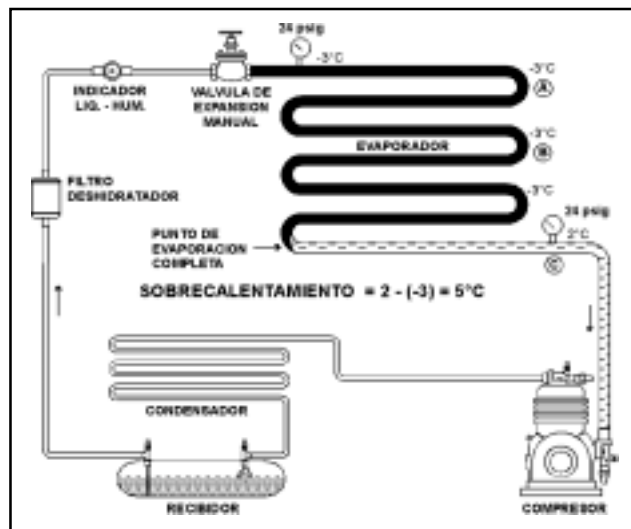


Figura 6.9 - Un flujo adecuado da un sobrecalentamiento correcto.

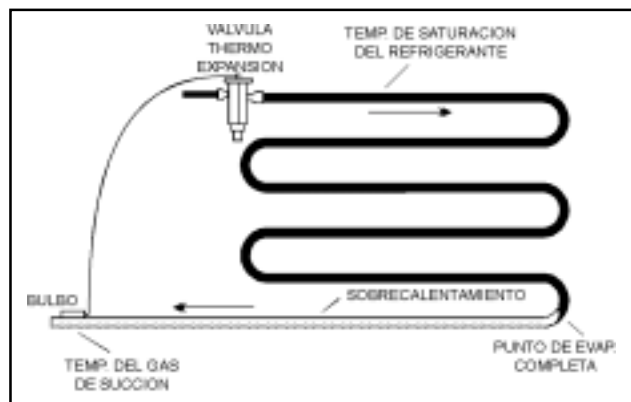


Figura 6.10 - Válvula de termo expansión instalada a la entrada del evaporador.

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.

Como se muestra en la figura 6.10, para que la VTE funcione adecuadamente, el bulbo sensor deberá instalarse en una posición correcta en la línea de succión, a la salida del evaporador.

Partes Principales

Las partes principales de una válvula de termo expansión son: el bulbo remoto, el diafragma, las varillas de empuje, el asiento, la aguja, el resorte, la guía del resorte y el vástago de ajuste. La figura 6.11, es un dibujo de corte transversal de una VTE típica, mostrando la ubicación de estas partes principales. El vástago de ajuste sirve para variar la presión del resorte. Si se gira en el sentido del reloj, aumenta la tensión del resorte, y por lo tanto, su presión; si se gira en el sentido contrario, disminuye la presión del resorte.

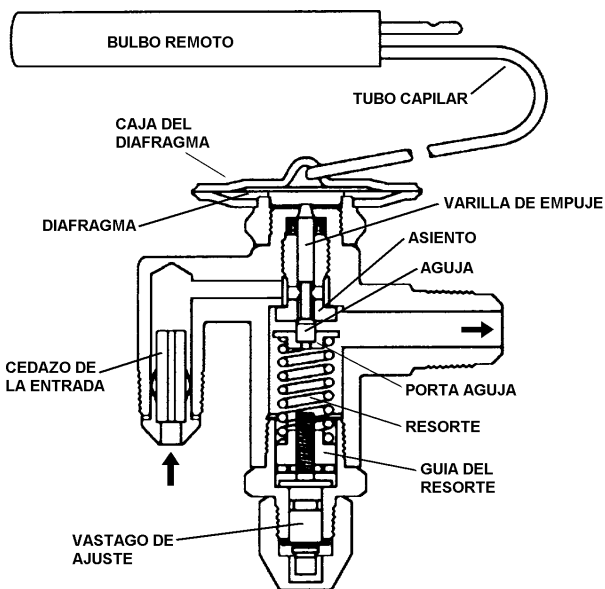


Figura 6.11 - Corte de una válvula de termo expansión típica y sus partes principales.

Principios de Operación

Observando detenidamente la figura 6.10, se puede ver que el bulbo remoto está conectado a la parte superior de la VTE mediante un tubo capilar. El bulbo se ubica en la línea de succión, justo a la salida del evaporador. El bulbo y el capilar contienen un fluido (carga) que puede ser líquido o gaseoso, el cual «siente» la temperatura del gas de succión que pasa por este punto. En esta posición, el bulbo y el fluido dentro de éste, tienen aproximadamente la misma temperatura del gas de succión. Los cambios de temperatura causan que aumente o disminuya la presión del fluido dentro del bulbo.

Observando ahora la figura 6.11, la presión del bulbo es ejercida sobre la parte superior del diafragma; éste a su vez, transmite ese movimiento a la parte superior del porta aguja mediante las varillas de empuje. Por otro lado, un resorte ejerce una fuerza en la parte inferior del porta aguja, la cual se opone a la del bulbo.

Una vez en operación, el funcionamiento de la VTE es de la siguiente manera: cuando aumenta la presión del bulbo, el diafragma es empujado hacia abajo, las varillas de empuje «empujan» el porta aguja, vencen la fuerza del resorte y alejan la aguja del asiento, abriendo de esta manera la válvula y permitiendo el paso de líquido hacia el evaporador. Cuando disminuye la presión del bulbo, la fuerza del resorte es mayor que la del bulbo y empuja el porta aguja acercando la aguja al asiento, con lo cual se cierra la válvula y disminuye el flujo de líquido hacia el evaporador.

Por lo anterior, pudiera deducirse que en la operación de una válvula de termo expansión actúan dos presiones: la del bulbo oponiéndose a la del resorte. En realidad, en la operación de una válvula de termo expansión intervienen tres presiones fundamentales: la presión del bulbo, la presión del resorte y la presión del EVAPORADOR. En la figura 6.12, se ilustra cómo actúan estas tres presiones fundamentales. La presión del bulbo actúa en la parte superior del diafragma y tiende a abrir la válvula, la presión del resorte y la del evaporador actúan en la parte inferior del diafragma y tienden a cerrar la válvula. Para que haya un equilibrio entre estas tres presiones, la presión del bulbo debe ser igual a la suma de las presiones del evaporador y del resorte.

Como se mencionó arriba, la carga del bulbo está a la misma temperatura que el gas de succión, y si el gas de succión está sobrecalentado, entonces la temperatura de la carga es mayor que la de saturación; es decir, la temperatura de la carga del bulbo es la suma de la temperatura de saturación más la del sobrecalentamiento. De esta manera, la presión del bulbo (P_1) es mayor que

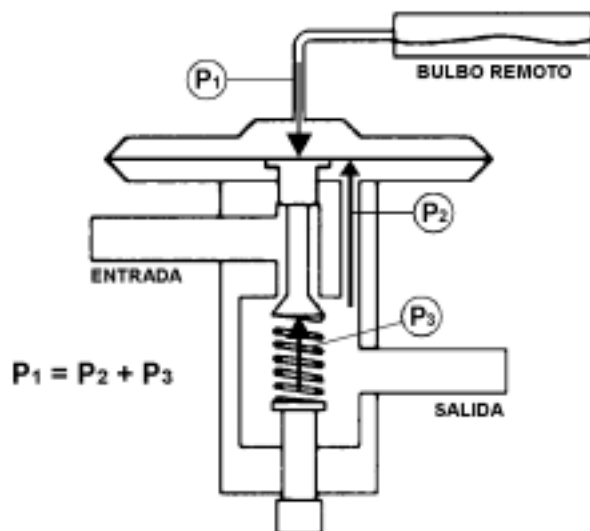


Figura 6.12 - Las tres presiones fundamentales en una válvula de termo expansión.

la del evaporador (P_2). Si el sobrecalentamiento es lo suficientemente alto, la presión del bulbo superará a la del resorte (P_3) y abrirá la válvula.

Aquí podemos ver que la presión de saturación aparece tanto sobre el diafragma (en la presión del bulbo), como debajo de éste (presión del evaporador). Y, puesto que estas presiones se oponen una contra otra y son equivalentes, se cancelan. Por lo tanto, es evidente que los dos factores que actúan para regular la válvula de termo expansión, son la presión del resorte y el sobrecalentamiento. Estos dos factores que se oponen, mantienen un delicado balance de presiones en ambos lados del diafragma, permitiendo que la válvula opere con cargas ligeras, al igual que con cargas pesadas en el evaporador. En la práctica, la válvula de termo expansión es, en efecto, un regulador del sobrecalentamiento.

Es muy frecuente oír decir a los técnicos «abrí» o «cerré» la válvula de expansión, refiriéndose a que movieron el vástago de ajuste. Como ya se mencionó, al girar el vástago en el sentido del reloj aumenta la presión del resorte, venciendo a la del bulbo y la válvula tiende a cerrar; por lo que se requiere más sobrecalentamiento para aumentar la presión del bulbo y contrarrestar la del resorte, para que de ésta manera abra la válvula. Inversamente, cuando se gira el vástago en el sentido contrario del reloj, disminuye la presión del resorte, siendo superada por la del bulbo y la válvula tiende a abrir, y para que cierre, se requiere que disminuya el sobrecalentamiento.

Cuando aumenta la carga térmica en el evaporador, el refrigerante alimentado por la válvula no es suficiente y se sobrecalienta, esto aumenta la presión del bulbo y hace que la válvula abra más, permitiendo que pase más líquido. Por el contrario, si la carga térmica en el evaporador disminuye, el refrigerante que está alimentando la válvula no se alcanza a evaporar y disminuye su sobrecalentamiento; esto hace que reduzca la presión del bulbo, se cierre la válvula y se reduzca el flujo de líquido. Es importante mencionar que al variar la carga térmica del evaporador, también varía la presión dentro del mismo. Si aumenta la carga, disminuye la presión, y si disminuye la carga, se reduce la presión.

En la figura 6.13, se muestra un ejemplo muy representativo de las condiciones de un sistema con R-134a. El resorte de la válvula de termo expansión ha sido ajustado de fábrica a una presión de 11 psig (libras por pulgada cuadrada manométricas) y la presión del evaporador es de 34 psig. La suma de estas dos presiones ejercen una fuerza de 45 psig, la cual tiende a cerrar la válvula. Si el bulbo está cargado con el mismo refrigerante del sistema, para que las presiones en ambos lados del diafragma se equilibren, se requerirá una presión de 45 psig en el bulbo. Para que el bulbo tenga una presión de 45 psig, debe de estar a una temperatura de 10 °C, si la temperatura de saturación del refrigerante en el evaporador es de 4 °C, es necesario tener un sobrecalentamiento de 6 °C. Las temperaturas y presiones de saturación correspondientes se pueden consultar en la tabla 12.9 del capítulo de refrigerantes.

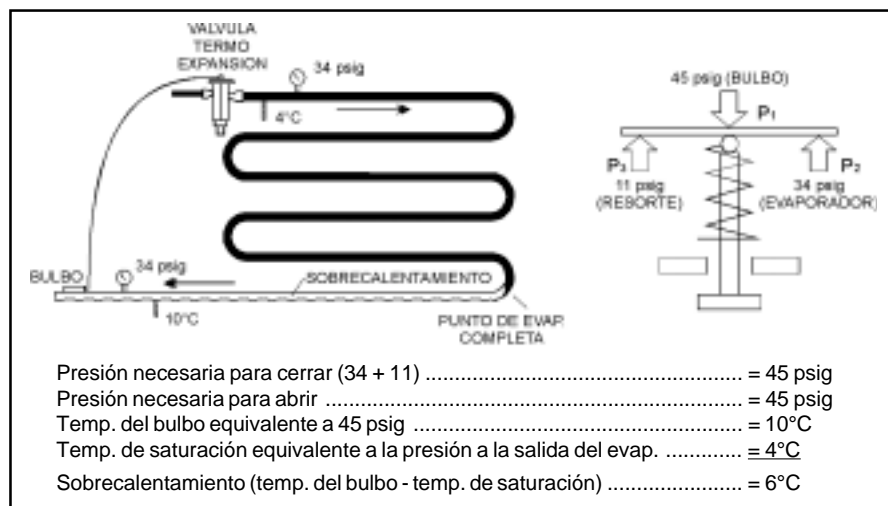


Figura 6.13 - Presiones y temperaturas típicas en un sistema con R-134a.

Al arrancar el compresor después de un período prolongado de estar parado, disminuye rápidamente la presión del evaporador y la presión del bulbo es mayor que la del resorte, la válvula abre y permite el paso de refrigerante líquido al evaporador. Si todo este líquido se evapora y se sobrecalienta antes de salir del evaporador, esto aumenta la presión del bulbo y hace que la válvula se mantenga abierta. El equipo seguirá enfriando hasta que la temperatura del espacio refrigerado baje lo suficiente, disminuyendo la carga térmica y haciendo que el refrigerante líquido dentro del evaporador no alcance a evaporarse y llegue líquido hasta el punto donde se encuentra ubicado el bulbo. Al no haber sobrecalentamiento, la presión del bulbo disminuye y el resorte cierra la válvula parcial o totalmente. Así permanecerá hasta que aumente el sobrecalentamiento de nuevo y la presión del bulbo abra la válvula, aumentando el flujo de refrigerante líquido hacia el evaporador.

Caída de Presión a Través del Evaporador

Para simplificar la explicación de los principios de operación de las válvulas de termo expansión, hasta ahora hemos supuesto que no hay caída de presión a través del evaporador; es decir, que la presión de evaporación es constante y que es igual a la entrada y a la salida del evaporador. Sin embargo, con evaporadores grandes en la operación real, existe una caída de presión a través de éstos, siendo un factor que debe considerarse, ya que es una de las presiones que actúan por debajo del diafragma.

Cuando el evaporador del sistema es pequeño, la caída de presión es nula o mínima, por lo que es ignorada. En esta situación, la presión que se utiliza para que actúe por debajo del diafragma es la de la entrada, puesto que es la misma que la de la salida. En evaporadores grandes sí existe caída de presión. Esta caída de presión es medible y puede ser causada por varios factores, tales como el diámetro y longitud de los tubos, el número de vueltas, restricciones en los retornos, el número de circuitos, algunos tipos de distribuidores de refrigerante, la

cantidad de flujo de refrigerante, la fricción, etc. Cuando la caída de presión alcanza proporciones problemáticas, la presión que se debe de aplicar por debajo del diafragma, es la más baja; es decir, la de la salida del evaporador.

Igualador Interno

Como ya se mencionó, en sistemas pequeños donde no se considera caída de presión a través del evaporador, la presión del evaporador que se usa para que actúe debajo del diafragma es la de la entrada. Para esto, las válvulas empleadas, tienen maquinado un conducto interno que comunica el lado de baja presión de la válvula con la parte inferior del diafragma. A este conducto se le conoce como «igualador interno». En la figura 6.14 se muestra un dibujo de una válvula con igualador interno. En algunos tipos de válvulas, la presión del evaporador también se aplica bajo el diafragma, a través de los conductos de las varillas de empuje, además del igualador interno.

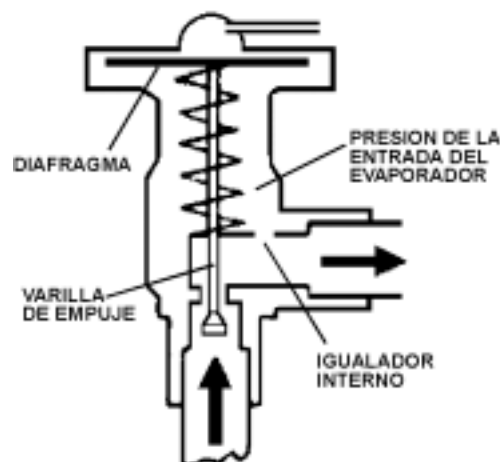


Figura 6.14 - Válvula con igualador interno.

Igualado Externo

Tal como se mencionó antes, cuando existe caída de presión a través del evaporador, la presión que debe actuar bajo el diafragma es la de la salida del evaporador; por lo que una válvula con igualador interno no operaría satisfactoriamente, como se explicará más adelante. Las válvulas que se utilizan en estos casos, son válvulas con «igualador externo». Como se puede apreciar en la figura 6.15, en este tipo de válvulas el igualador no comunica al diafragma con la entrada del evaporador, sino que este conducto se saca del cuerpo de la válvula mediante una conexión, la cual generalmente es de 1/4" flare. Además, es necesario colocar empaques alrededor de las varillas de

empuje, para aislar completamente la parte inferior del diafragma de la presión a la entrada del evaporador. Una vez instalada la válvula, esta conexión se comunica a la línea de succión mediante un tubo capilar, para que la presión que actúe debajo del diafragma, sea la de la salida del evaporador.

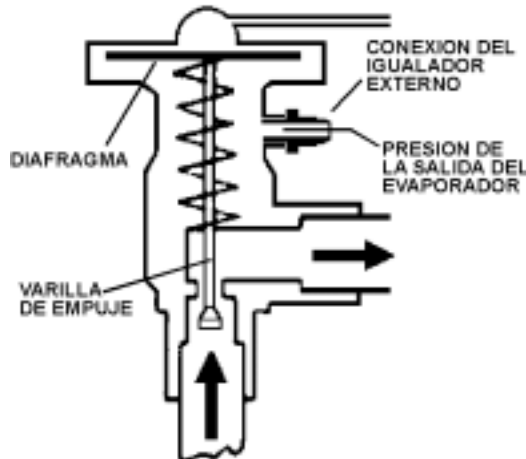


Figura 6.15 - Válvula de termoexpansión con igualador externo.

Una caída de presión se traduce en una caída de temperatura. Si la caída de presión provoca en el evaporador una caída de temperatura mayor de 2 °C en el rango de aire acondicionado, de 1 °C en temperatura media y de 0.5 °C en baja temperatura, cuando se está utilizando una válvula con igualador interno, esto mantendrá a la válvula en una posición restringida, reduciendo la capacidad del sistema. En estos casos se debe de utilizar una válvula con igualador externo.

El evaporador deberá estar diseñado o seleccionado conforme a las condiciones de operación; la válvula de termoexpansión debe ser seleccionada y aplicada de acuerdo a lo que se ha visto.

Para explicar lo anterior, veamos qué sucede realmente en un evaporador alimentado por una válvula de termoexpansión con igualador interno, donde existe una caída de presión medible de 10 psig, como se muestra en la figura 6.16. La presión en el punto "C" es 33 psig o sea, 10 psi menos que en la salida de la válvula, punto "A"; sin embargo, la presión de 43 psig en el punto "A" es la presión que está actuando en la parte inferior del diafragma en la dirección de cierre. Con el resorte de la válvula ajustado a una presión equivalente a un sobrecalentamiento de 6°C o a una presión de 10 psig, la presión requerida arriba del diafragma para igualar las fuerzas es de (43 + 10) ó 53 psig. Esta presión corresponde a una temperatura de saturación de -2°C. Es evidente que la temperatura del refrigerante en el punto "C" debe ser -2°C, si es que la válvula ha de estar en equilibrio. Puesto que la presión en este punto es de sólo 33 psig y la temperatura de saturación correspondiente es de -12°C, se requiere un sobrecalentamiento de (-2) - (-12) o sea, de 10°C para abrir la

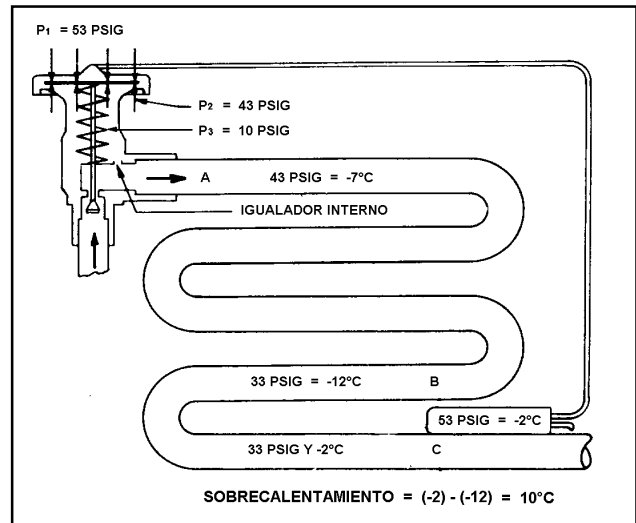


Figura 6.16 - Válvula de termoexpansión con igualador interno en un evaporador con una caída de presión de 10 psi. R-22.

válvula. Este alto sobrecalentamiento de 10°C requerido para abrir la válvula, hace necesario utilizar más superficie del evaporador para producir este gas refrigerante sobrecalentado. Por lo tanto, se reduce la cantidad de superficie del evaporador, disponible para la absorción de calor latente de evaporación del refrigerante; produciéndose una insuficiencia de refrigerante, antes de alcanzar el sobrecalentamiento requerido.

Puesto que la caída de presión a través del evaporador, la cual causó esta condición de sobrecalentamiento elevado, aumenta con la carga debido a la fricción, este efecto de "restricción" o "insuficiencia" aumenta cuando la demanda sobre la capacidad de la termo válvula es mayor.

Usos del Igualador Externo

A fin de compensar una caída de presión excesiva a través del evaporador, la válvula de termoexpansión tiene que ser del tipo con igualador externo, con la línea del igualador conectada ya sea en el evaporador en un punto más allá de la mayor caída de presión, o en la línea de succión, junto al bulbo remoto del lado del compresor. En general, y como un método práctico, la línea del igualador deberá conectarse a la línea de succión a la salida del evaporador. Si se usa una válvula de termoexpansión del tipo con igualador externo, con la línea del igualador conectada a la línea de succión, se ejercerá la verdadera presión de la salida del evaporador debajo del diafragma de la termo válvula. Las presiones de operación sobre el diafragma de la válvula, ahora están libres de cualquier efecto de caída de presión a través del evaporador, y la termo válvula responderá al sobrecalentamiento del gas refrigerante que sale del evaporador.

Cuando existen las mismas condiciones de caída de presión en un sistema con una válvula de termoexpansión, la cual tiene la característica de igualador externo (ver figura 6.17), existe la misma caída de presión a través del

evaporador; sin embargo, la presión abajo del diafragma es ahora la misma que a la salida del evaporador, punto "C", es decir, 33 psig. La presión requerida arriba del diafragma para el equilibrio es de $33 + 10$, o sea 43 psig. Esta presión de 43 psig, corresponde a una temperatura de saturación de -7°C y el sobrecalentamiento requerido ahora es de $(-7) - (-12) = 5^{\circ}$. El uso de un igualador externo ha reducido el sobrecalentamiento de 10° a 5° . Por lo tanto, la capacidad de un sistema con un evaporador que presenta una caída de presión considerable, se incrementará mediante el uso de una válvula de termo expansión con igualador externo, en comparación con el uso de una válvula igualada internamente.

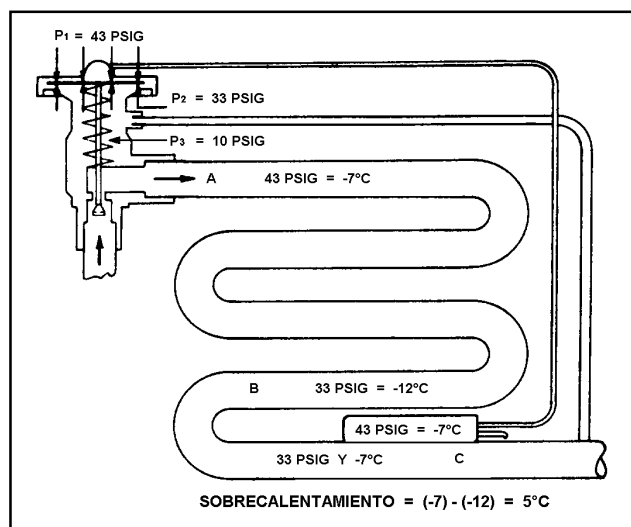


Figura 6.17 - Válvula de termo expansión con igualador externo en un evaporador con una caída de presión de 10 psi con R-22.

Cuando la caída de presión a través de un evaporador excede los límites previamente definidos, o cuando se utiliza un distribuidor de refrigerante a la entrada del evaporador, la válvula de termo expansión deberá tener la característica con igualador externo, para un mejor desempeño.

Hasta este momento, los diagramas utilizados en esta sección han mostrado la válvula de termo expansión del tipo de una sola salida. Aunque un evaporador de circuitos

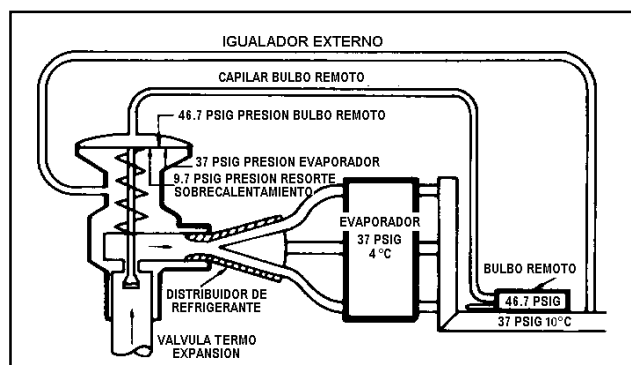


Figura 6.18 - Válvula de termo expansión con distribuidor de refrigerante usado con R-12.

múltiples en sí, puede no tener una caída de presión excesiva, el dispositivo usado para obtener la distribución del líquido, introducirá una caída de presión que limitará la acción de la termo válvula sin igualador externo, porque el distribuidor está instalado entre la salida de la válvula y la entrada del evaporador, figura 6.18.

Aplicación del Igualador Externo

La temperatura del evaporador y el refrigerante utilizado determinan el nivel de caída de presión, con el que una válvula con igualador interno puede funcionar sin problemas. Debido a que existe un desacuerdo general sobre este punto, las siguientes recomendaciones pueden usarse como una guía:

1. Se requiere una válvula de termo expansión con igualador externo, cuando un evaporador está sujeto a una caída de presión mayor de 3 psi en aplicaciones de alta temperatura, 2 psi en aplicaciones de temperatura media y 1 psi en aplicaciones de baja temperatura.
2. Cuando se use un distribuidor de refrigerante, siempre utilice una válvula con igualador externo. Dependiendo de la marca, tamaño y número de salidas, la caída de presión a través del distribuidor sólo puede estar en el rango de 5 a 30 psi.
3. En general, se debe instalar una válvula con igualador externo, cuando la caída de presión entre la entrada del evaporador y la línea de succión, donde está ubicado el bulbo, exceda los valores máximos mostrados en la tabla 6.19. En esta tabla, se puede observar que al disminuir la temperatura de evaporación, también disminuye la máxima caída de presión que se tolera entre la salida de la válvula y la ubicación del bulbo, sin una pérdida de capacidad seria para la válvula con igualador interno. Por supuesto que existen aplicaciones que empleen satisfactoriamente el igualador interno cuando haya presente una caída de presión alta, pero esto tendría que ser verificado por pruebas de laboratorio. Los requerimientos generales para la mayoría de los sistemas instalados en el campo se, cubren adecuadamente con las recomendaciones de la tabla 6.19.

Refrigerante	Temp. de Evaporación - °C				
	4	-7	-18	-30	-40
Caída de Presión - PSI					
12, 500, 134a	2.0	1.5	1.0	0.75	0.5
502	3.0	2.5	1.75	1.25	1.0
22, 717	3.0	2.0	1.5	1.0	0.75

Tabla 6.19 - Máximas caídas de presión para válvula de termo expansión con igualador interno.

Ubicación del Igualador Externo

Como se mencionó anteriormente, la línea del igualador externo deberá instalarse en la línea de succión, más allá del punto de mayor caída de presión. Puesto que puede ser difícil determinar este punto, como regla general, es más seguro conectar la línea del igualador externo en

la línea de succión a la salida del evaporador, junto al bulbo remoto, del lado del compresor (ver figuras 6.17 y 6.18). De esta forma, la temperatura del bulbo no se verá afectada por la pequeña cantidad de refrigerante que pueda estar presente en la línea del igualador, en caso de una pequeña fuga por el empaque de las varillas de empuje. Cuando se instala en este punto, se evitará cualquier efecto de caída de presión entre la salida de la válvula y la línea de succión. Cuando se conecte el igualador externo a una línea de succión horizontal, siempre se debe hacer en la parte superior, para evitar acumulación de aceite en la línea del igualador.

Cuando se sabe que la caída de presión a través del evaporador, está dentro de los límites definidos en la tabla 6.19, se permite instalar la conexión del igualador externo en uno de los dobleces de retorno, a la mitad del evaporador. Tal ubicación del igualador, proporcionará un control más suave de la válvula, particularmente cuando la válvula de termo expansión se usa en conjunto con un regulador de presión del evaporador. Sin embargo, en todos los casos donde se instale cualquier tipo de válvula de control en la línea de succión, la conexión del igualador externo NUNCA deberá ubicarse después de tal dispositivo, sino que deberá conectarse del lado del evaporador de esa válvula o control. Una conexión ubicada incorrectamente, interferirá seriamente con la operación eficiente de la válvula de termo expansión.

Una válvula de tipo con igualador externo, no operará correctamente, si no va conectada a la línea del igualador. Cuando se instale una válvula con igualador externo conecte la línea, NUNCA coloque un tapón en la conexión del igualador.

En sistemas de evaporadores múltiples, donde cada evaporador es alimentado individualmente por una válvula de termo expansión, los igualadores externos de esas válvulas, NUNCA se deben unir en una línea común y conectarse a la línea de succión principal. La línea del igualador externo de cada válvula, deberá instalarse en un punto donde los cambios de presión no afecten el funcionamiento de esa válvula, como se muestra en la figura 6.20. Si las líneas de succión desde la salida de cada evaporador hasta la succión principal, son muy cortas, entonces se recomienda conectar las líneas del igualador al cabezal de succión de su respectivo evaporador.

Si en la situación anterior, el compresor cuenta con control de capacidad, entonces puede hacerse una excepción y las líneas de los igualadores de cada válvula pueden unirse en una línea común, y conectarse a la succión principal, como se muestra en la figura 6.21. Las válvulas de solenoide instaladas antes de las válvulas de expansión, están conectadas eléctricamente al sistema de control de capacidad del compresor, de tal manera que conforme se va reduciendo la capacidad del compresor, estas se van desenergizando, quedando en operación únicamente las necesarias de acuerdo al porcentaje de capacidad a que esté operando el compresor. Al incrementarse la capaci-

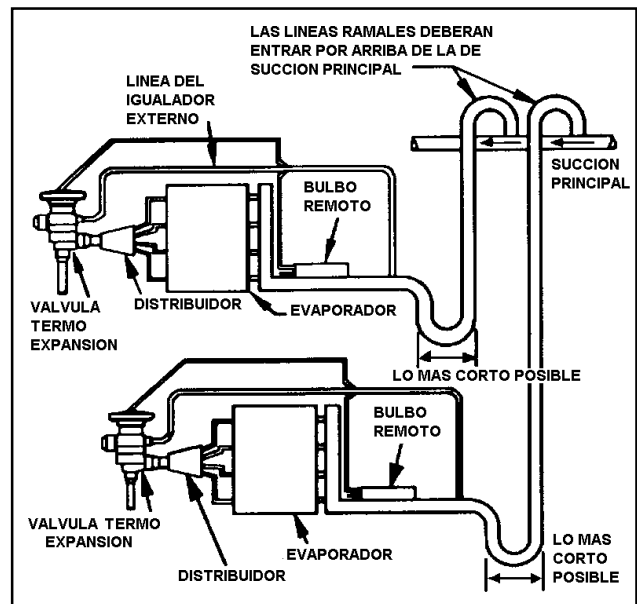


Figura 6.20 - Ubicación correcta de los igualadores externos en un sistema de múltiples evaporadores.

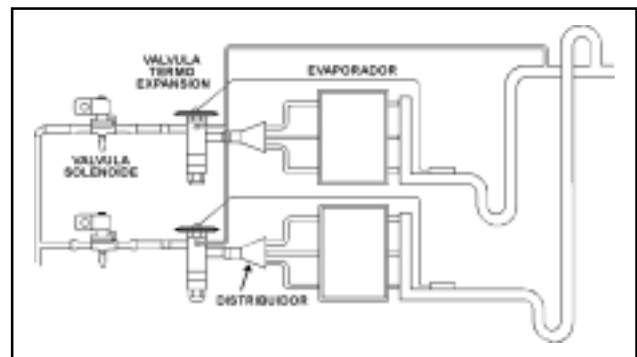


Figura 6.21 - Instalación recomendada en sistemas de evaporadores múltiples, cuando el compresor cuenta con control de capacidad.

dad del compresor, se van energizando las válvulas de solenoide, permitiendo el paso de refrigerante a los otros evaporadores, como se muestra en la figura 6.21. Dependiendo de los porcentajes de reducción de capacidad y del número de evaporadores, se pueden hacer muchos arreglos y combinaciones a este sistema.

En la figura 6.22, se muestra otra variante de este método. Dos válvulas de termo expansión con sus respectivos distribuidores, alimentan un solo evaporador. Cada circuito del evaporador está alimentado por dos circuitos de los distribuidores (uno de cada distribuidor). Las válvulas de solenoide están conectadas al sistema de modulación de capacidad del compresor, y son accionadas eléctricamente al variar éste.

Habrán algunos casos en que la línea del igualador externo, esté conectada en alguna de las vueltas del centro del serpentín o en la entrada del evaporador. Esto lo determinará el fabricante del evaporador o de la unidad, y es solamente el resultado de pruebas operacionales, buscando una posición donde la válvula tenga un mejor control

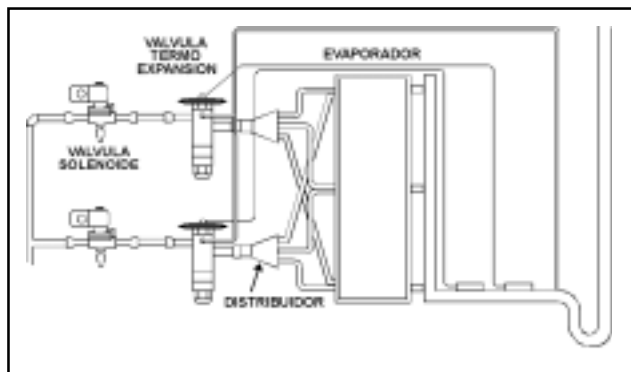


Figura 6.22 -Un solo evaporador alimentado por dos VTE cuando el compresor cuenta con control de capacidad.

y que sea más eficiente. No deberá intentarse hacer esto al ensamblar un sistema en el campo.

Ubicación del Bulbo Remoto

Puesto que el funcionamiento del evaporador depende grandemente del buen control de la válvula de termo expansión, y este buen control de la válvula depende de la respuesta a los cambios de temperatura del gas que sale del evaporador, se debe tener mucho cuidado con los tipos de bulbos remotos y su colocación. La buena retroalimentación de la temperatura del gas de succión es vital, para que la válvula de termo expansión mantenga ese control. La ubicación del bulbo remoto es tan importante como la selección de la válvula adecuada; de otra forma, afectará de manera adversa la operación de la válvula. Existen dos formas de instalar los bulbos remotos: mediante abrazaderas o en termopozos, siendo más común la primera.

A continuación se dan algunas recomendaciones de instalación del bulbo remoto mediante abrazaderas. El bulbo debe sujetarse firmemente a la línea de succión, lo más cerca posible de la salida del evaporador, en un tramo horizontal. Si se usa más de una termo válvula en evaporadores adyacentes o secciones de evaporadores, asegúrese que el bulbo remoto de cada válvula esté aplicado a la línea de succión del evaporador alimentado por esa válvula. (Ver figura 6.20).

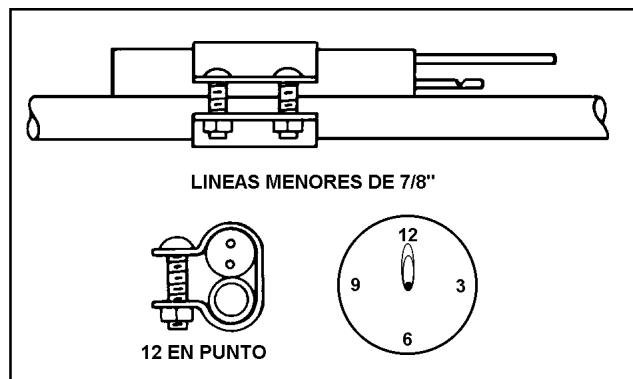


Figura 6.23 - Ubicación del bulbo remoto en líneas de succión y menores de 7/8" de diámetro.

La línea de succión debe limpiarse completamente, antes de sujetar el bulbo en su lugar. Cuando la línea de succión es de hierro, es aconsejable pintarla con pintura de aluminio, para reducir cualquier corrosión futura o contacto deficiente con la línea. En tuberías de succión menores de 7/8" de diámetro, hay relativamente poca diferencia en donde se monte el bulbo alrededor de la circunferencia, puesto que la temperatura en cualquier posición es casi la misma. Generalmente, la posición preferida en líneas pequeñas, es la parte superior como se muestra en la figura 6.23; o sea, en el 12 del reloj. En líneas de succión de 7/8" a 1-5/8" de diámetro, puede haber ocasionalmente alguna variación en la temperatura alrededor de la circunferencia, por lo que por resultados experimentales, el bulbo deberá instalarse en la posición cercana al 10 o al 2 del reloj, tal como se ilustra en la figura 6.24. En líneas de succión mayores de 2" de diámetro, se recomienda instalar el bulbo en una posición aproximada al 4 ó al 8 del reloj, tal como se muestra en la figura 6.25.

En realidad, más importante que la ubicación física del bulbo alrededor de la tubería es el contacto térmico entre el bulbo y la línea de succión; así como el diseño de la

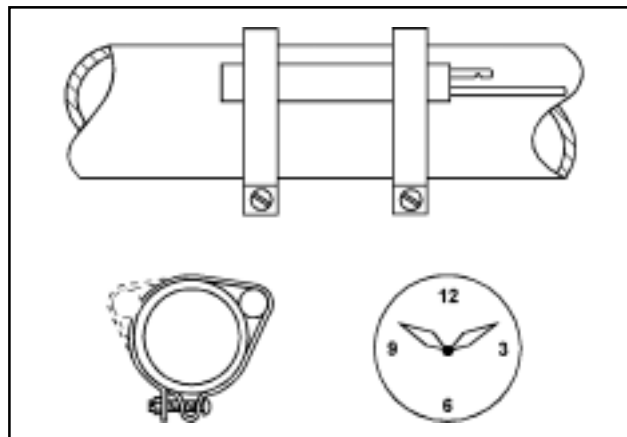


Figura 6.24 - Ubicación del bulbo remoto en líneas de succión de 7/8" a 1-5/8" de diámetro.

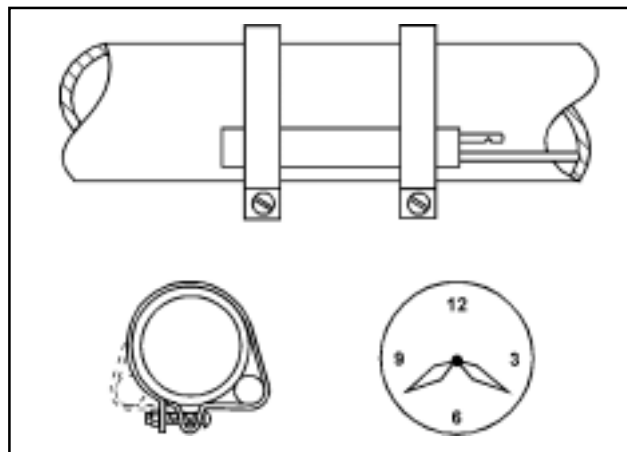


Figura 6.25 - Ubicación del bulbo remoto en líneas de succión mayores de 2" de diámetro.

tubería de succión. Asegúrese de fijar bien las abrazaderas, de modo que el bulbo remoto haga buen contacto con la línea de succión, sin apretar en exceso para no dañar el bulbo. Nunca se debe instalar el bulbo en la parte inferior de la línea de succión; es decir, a las 6 en punto del reloj, porque en esta ubicación puede sentir la temperatura del aceite, el cual fluye por el fondo de la línea horizontal y su temperatura puede ser diferente que la del gas, lo que ocasionará que la válvula opere erráticamente. Si el bulbo se coloca fuera del espacio refrigerado, se requiere protección adicional de la temperatura ambiente. Si es necesario proteger al bulbo remoto del efecto de una corriente de aire, después de fijarlo con las abrazaderas en la línea, utilice un material aislante que no absorba agua con temperaturas del evaporador arriba de 0°C. Para temperaturas menores de 0°C, se sugiere emplear corcho o algún material similar sellante contra la humedad, para prevenir la acumulación del hielo en la ubicación del bulbo. No se recomienda el uso de fieltro. Cuando el bulbo se vaya a ubicar bajo el nivel de agua o salmuera en un serpentín sumergido, utilice un material a prueba de agua que no requiera calentarse arriba de 50°C al aplicarlo, esto para proteger el bulbo remoto y el tubo del bulbo. Nunca aplique calor cerca de la ubicación del bulbo sin antes retirarlo.

Debe asegurarse también que el tramo de la línea de succión donde va ubicado el bulbo, tenga una ligera pendiente para que haya un libre drenaje. De la misma manera, el bulbo no debe ubicarse donde exista una trampa en la línea de succión. Si el evaporador o varios evaporadores están instalados en un nivel más alto que el compresor, existen dos maneras de hacer el arreglo de la tubería, como se muestra en la figura 6.26. Si el sistema cuenta con un control de vaciado del evaporador por medio del uso de una válvula solenoide (pump down), se puede conectar la línea de succión directamente abajo del compresor, sin la trampa. Si no se cuenta con el control de vaciado, la línea de succión deberá tener una trampa después del bulbo, antes de subir verticalmente a otra trampa invertida, aproximadamente a la misma altura del evaporador. Esto es con el objeto de evitar que el refrige-

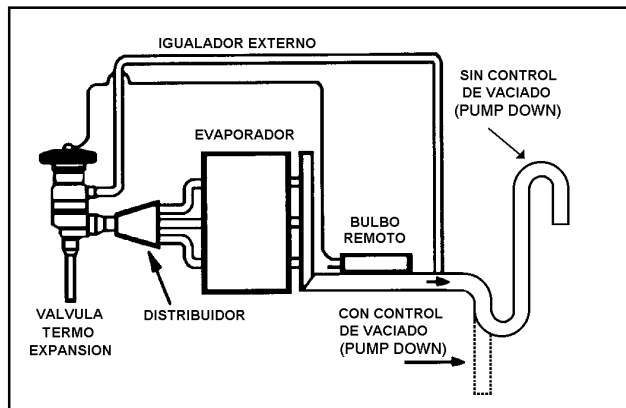


Figura 6.26 - Ubicación correcta del bulbo y arreglo de la tubería cuando el evaporador está por encima del nivel del compresor.

rante o el aceite drenen hacia el compresor por gravedad durante los ciclos de paro. Esto no evita que durante los ciclos de paro el refrigerante abandone el evaporador y se condense en el compresor, si éste o la línea de succión están a más baja temperatura.

Cuando los evaporadores están por abajo del nivel del compresor, deberá hacerse una trampa antes de subir verticalmente, y la conexión a la línea de succión principal deberá ser por la parte de arriba, como se muestra en la figura 6.22. Cuando hay evaporadores arriba y abajo del compresor, el arreglo de la tubería deberá hacerse, de tal manera que el flujo de una válvula no afecte al bulbo de otra válvula, como se indica en la figura 6.27.

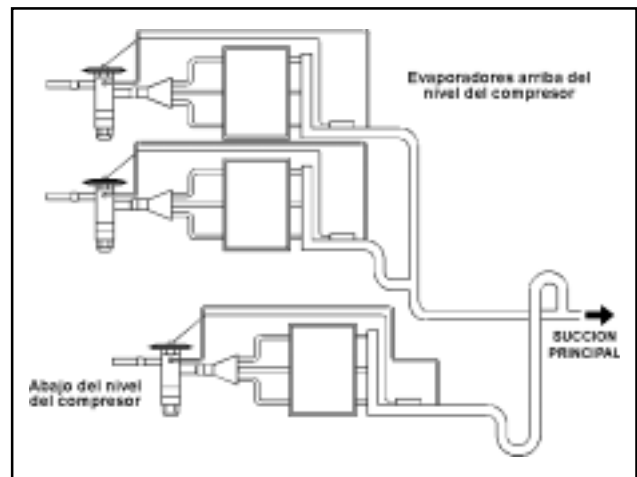


Figura 6.27 - Ubicación correcta de los bulbos y arreglo de la tubería cuando hay evaporadores arriba y abajo del nivel del compresor.

Termopozo Para Bulbo Remoto

Cuando se quiera incrementar la sensibilidad del bulbo remoto a un cambio en la temperatura del gas refrigerante proveniente del evaporador, puede ser necesario utilizar un termopozo para el bulbo remoto. Esto es particularmente cierto para instalaciones compactas e instalaciones con líneas de succión grandes (2-1/8" diámetro ext. o más grandes). Los termopozos para bulbo remoto deberán usarse: (1) cuando se desean sobrecalentamientos muy bajos y (2) cuando el calor por convección de un cuarto caliente puede influenciar el bulbo remoto. (Ver figura 6.28).

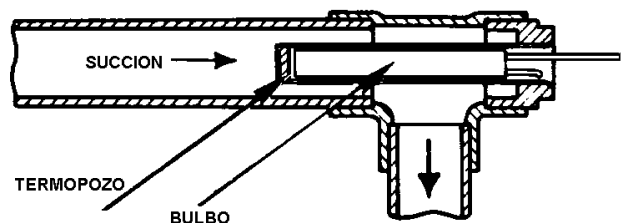


Figura 6.28 - Ubicación del bulbo remoto en un termopozo.

Fluctuación (Oscilación o Cicleo)

En muchas instalaciones existe la posibilidad de una condición llamada FLUCTUACION, que es una variación continua en la cantidad de refrigerante alimentado por la válvula. Primero no alimenta suficiente, y después, alimenta demasiado.

Cuando existe un solo compresor y un solo evaporador en el sistema, la fluctuación provoca una variación tanto en la presión de succión como en el sobrecalentamiento. Cuando en un sistema con un solo compresor y varios evaporadores, si el compresor tiene control de capacidad, puede resultar una fluctuación que se detecta a través de la variación en la temperatura del bulbo. Normalmente, sólo hay un ligero cambio en la presión de succión o ninguno.

La fluctuación puede resultar de uno o varios factores relacionados con el diseño del sistema, la instalación o el equipo. Algunas de las causas que pueden inducir una condición de fluctuación son: grandes variaciones en la presión de descarga, cambios rápidos en la carga del evaporador, humedad o ceras suficientes para tapan la válvula o una deficiente distribución de refrigerante.

Una razón para que se presente una fluctuación, y quizás la más importante, es que todos los evaporadores tienen un tiempo de retardo. El diseño básico del serpentín hace que algunos evaporadores sean más susceptibles que otros a este problema. Algunos evaporadores tienen un trayecto muy corto y el refrigerante fluye a través de ellos en unos cuantos segundos. Otros tienen una trayectoria muy larga, requiriéndose varios minutos para que el refrigerante fluya a través de ellos. Durante este intervalo, la válvula de termo expansión teóricamente está fuera de control, porque está alimentando en la entrada del evaporador, pero controlando de la temperatura del bulbo a la salida. Es casi como decir que está tratando de controlar algo que ya ha sucedido (figura 6.29).

Desafortunadamente, se ha vuelto una práctica común decir que la válvula de termo expansión es la que fluctúa u oscila. Deberíamos decir que es el sistema el que está fluctuando y oscilando, puesto que la causa no es la válvula de termo expansión sola, sino una combinación de muchos factores en el sistema.

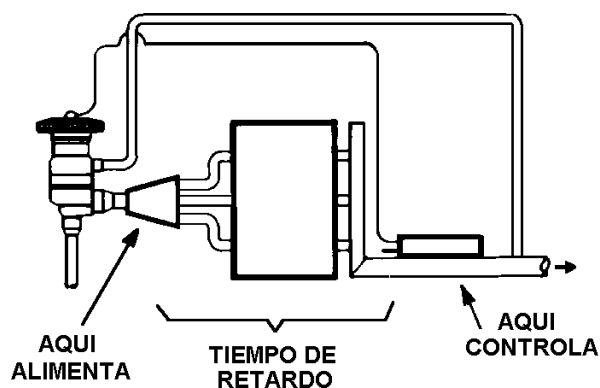


Figura 6.29 - Una de las causas más comunes de la fluctuación: el tiempo de retardo.

Con la fluctuación, cada vez que la válvula abre, baja el sobrecalentamiento, aumenta el flujo en la succión y se puede regresar líquido al compresor. Cuando la válvula modula y cierra, aumenta el sobrecalentamiento, baja la presión de succión y no se alimenta suficiente refrigerante al evaporador. Es obvio que la fluctuación continua en la presión de succión, reduce la eficiencia del sistema.

La magnitud de la fluctuación está influenciada por:

1. Longitud y diámetro de los circuitos.
2. Carga por circuito.
3. Velocidad del refrigerante.
4. Distribución de aire sobre el evaporador.
5. Ubicación de la válvula y el bulbo.
6. Capacidad de la válvula vs. la carga.
7. El tipo de carga del elemento de poder.

La fluctuación u oscilación puede eliminarse o reducirse, si se toman las siguientes precauciones:

1. Diseñe o seleccione el evaporador con un paso de refrigerante tan corto como sea posible, consistente con buena transferencia de calor.
2. Seleccione la ubicación de la válvula y el bulbo que sean más favorables.
3. Seleccione las válvulas que tengan la capacidad más favorable con relación a la carga.
4. Seleccione la carga adecuada del elemento de poder.

Operación a la Capacidad Reducida

La válvula de termo expansión convencional es un regulador de operación directa auto contenido, el cual no tiene integrados ningunos factores de anticipación o compensación. Como tal, es susceptible a la fluctuación, por causas que son peculiares tanto al diseño de la válvula, como al diseño de los sistemas a los cuales se aplica.

La relación de flujo ideal de una válvula de termo expansión, requeriría de una válvula con un balance dinámico perfecto, capaz de respuesta instantánea a cualquier cambio en la proporción de la evaporación (anticipación), y con un medio de evitar que la válvula sobrepase el punto de control debido a la inercia (compensación). Con estas características, una termo válvula estaría en fase con la demanda del sistema todo el tiempo, y no ocurriría la fluctuación.

Supongamos que hay un aumento en la carga, causando que incremente el sobrecalentamiento del gas de succión. El intervalo de tiempo entre el instante en que el bulbo siente este aumento de sobrecalentamiento, provocando que se mueva la aguja de la válvula en la dirección de abrir, permite que el sobrecalentamiento del gas de succión aumente aún más.

En respuesta a lo anterior, la válvula sobrepasa el punto de control y alimenta más refrigerante hacia el evaporador del que puede ser evaporado por la carga, con lo que disminuye el sobrecalentamiento y llega refrigerante líquido a la línea de succión, con el riesgo de pasar al compresor. Nuevamente, hay un tiempo de retardo entre el instante en que

el bulbo detecta el refrigerante líquido y que la válvula responde, moviéndose en la dirección de cierre. Durante este tiempo, la válvula continúa sobrealimentando al evaporador. Así pues, cuando la válvula se mueve en la dirección de cierre, nuevamente sobrepasará el punto de control y permanecerá en una posición casi cerrada, hasta que la mayoría del refrigerante líquido haya dejado el evaporador. El siguiente tiempo de retardo antes que la válvula abra, permite que el sobrecalentamiento del gas de succión aumente de nuevo más allá del punto de control. Este ciclo, que es autopropagante, continúa repitiéndose. La experiencia ha demostrado que una termo válvula está más expuesta a fluctuar en condiciones de baja carga, cuando la aguja de la válvula está cerca del asiento. Generalmente, se piensa que esto se debe a un desbalance entre las fuerzas que operan la válvula.

Adicional a las tres fuerzas principales que operan una válvula de termo expansión, la diferencia de presión a través del puerto de la válvula, actúa contra el área del puerto y, dependiendo de la construcción de la válvula, tiende a forzarla a que abra o a que cierre. Cuando opera con la aguja cerca del asiento, ocurrirá lo siguiente.

Con la válvula cerrada, tenemos presión de líquido sobre el lado de entrada de la aguja y presión del evaporador sobre la salida. Cuando la válvula comienza a abrir, permitiendo que se lleve a cabo el flujo, la velocidad a través de la garganta de la válvula, provocará un punto de más baja presión en la misma, aumentando la diferencia de presión a través de la aguja y del asiento. Este repentino incremento en el diferencial de presión que actúa sobre el área del puerto, tenderá a forzar la aguja de la válvula hacia el asiento. Cuando la válvula abre de nuevo, ocurre el mismo tipo de acción y la aguja golpea contra el asiento a una frecuencia muy rápida. Este tipo de fenómeno es más frecuente con válvulas más grandes; ya que la fuerza debida al diferencial de presión, se ve incrementada con áreas de puertos más grandes.

Hemos visto que una válvula de termo expansión puede fluctuar, debido a la falta de las características de anticipación y compensación, y a un desbalance en las fuerzas de equilibrio, en el extremo inferior de la carrera de la aguja.

Sabemos por experiencia, que una válvula de termo expansión, cuando se selecciona y aplica inteligentemente, contrarresta estos factores y opera virtualmente sin fluctuar, sobre un rango bastante amplio de cargas.

Generalmente, una válvula de termo expansión operará satisfactoriamente hasta algo así como abajo del 50% de su capacidad nominal; pero, nuevamente, esto depende del diseño del evaporador y de la tubería, diámetro y longitud de los circuitos del evaporador, la velocidad del refrigerante, el flujo del aire sobre el evaporador y los cambios rápidos en la carga. Nada causará que una termo válvula fluctúe tan rápidamente, que una alimentación desigual de los circuitos paralelos por el distribuidor, o una carga desigual de aire a través del evaporador.

Tipos de Cargas del Bulbo Remoto

Habrán ocasiones en que el técnico de servicio en refrigeración, tenga que enfrentarse a situaciones donde la válvula de termo expansión no opere adecuadamente porque haya sido mal seleccionada, y haya que reemplazarla por el modelo correcto. ¿Cómo se debe proceder? Es de primordial importancia que los técnicos sepan escoger el reemplazo correcto, y un punto importante, es el tipo de carga del bulbo. Para esto, es necesario estar familiarizado con los diferentes tipos de cargas en el elemento de poder. (El elemento de poder consta de: el bulbo, el tubo capilar y la parte superior del diafragma).

Como se mencionó anteriormente, la función principal de una válvula de termo expansión, es controlar el sobrecalentamiento del gas refrigerante a la salida del evaporador. Pero hay varios tipos de válvulas y varios tipos de cargas, cada una con su propio uso específico. Entender la carga del elemento de poder y cómo afecta la presión en el diafragma, es básico para un buen servicio. Existen varios tipos básicos de cargas de uso común en la actualidad, las cuales pueden resumirse en cuatro tipos generales:

1. **La Carga Líquida.** Aquí, el elemento de poder está cargado con el mismo tipo de refrigerante que contiene el sistema donde se está usando la válvula.
2. **La Carga Gaseosa.** Es una carga líquida limitada. El elemento de poder contiene el mismo tipo de refrigerante que el sistema, pero en una cantidad menor que la carga líquida.
3. **La Carga Cruzada.** El elemento de poder está cargado con un refrigerante diferente al que contiene el sistema donde está instalada la válvula. Puede ser líquida o gaseosa.
4. **La Carga de Adsorción.** El elemento de poder contiene una carga cruzada gaseosa, y además, se utiliza algún tipo de adsorbente.

La Carga Líquida

En este tipo de carga, el elemento de poder contiene el mismo refrigerante que el sistema en el cual se está usando la válvula. Cuando se fabrica la válvula, el refrigerante se introduce al bulbo en forma líquida. El bulbo debe tener un volumen interno mayor, que el volumen combinado de la cámara del diafragma y el tubo capilar. El elemento de poder con carga líquida convencional, ilustrado en la figura 6.30, incluye un bulbo de tamaño suficiente, que contiene bastante líquido para asegurar que el punto de control esté siempre en el bulbo. Con este tipo de carga, siempre habrá algo de refrigerante en forma líquida en el bulbo, independientemente de su temperatura y de que el capilar y la caja del diafragma estén llenos de líquido. Si esto no se da, y por alguna razón el bulbo se quedara sin líquido, sólo contendría vapor y cuando cambiara la temperatura, la presión de ese vapor cambiaría muy levemente. Sin líquido, el bulbo pierde control.

Si la temperatura del capilar o de la caja del diafragma se vuelve más fría que la del bulbo, y algo de vapor se

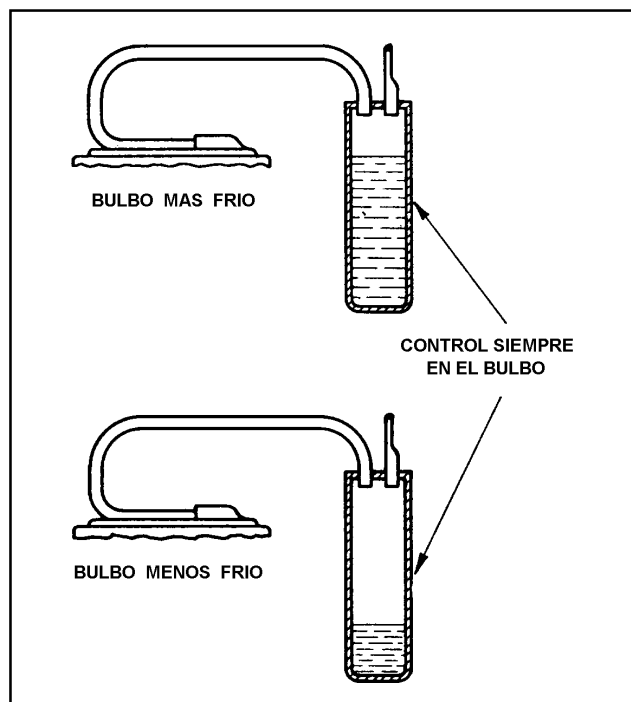


Figura 6.30 - En la termo válvula con carga líquida el bulbo mantiene el control del elemento de poder.

condensa en cualquiera de los dos, siempre habrá suficiente refrigerante líquido en el bulbo para asegurar el control en ese punto. De esta manera, la presión del elemento de poder es siempre la presión de saturación correspondiente a la temperatura del bulbo. Este factor es extremadamente importante en aplicaciones de baja temperatura.

Si graficamos los valores de presión vs. la temperatura, puesto que el refrigerante es el mismo en el bulbo que en el evaporador, las curvas serían idénticas y quedarían una sobre otra, como se muestra en la figura 6.31. Estas curvas cuando se aplican a un sistema en operación, indican que siempre habrá una relación directa a través del diafragma en los cambios de presión del bulbo y los cambios de presión del evaporador. Cuando el compresor se detiene, la presión del evaporador sube inmediatamente, antes que la del bulbo y la válvula se cierra, puesto que la presión del evaporador vence a la presión del bulbo. Durante el ciclo de paro, cuando el evaporador y el bulbo tienen la misma temperatura, sus presiones también son iguales y entonces la fuerza del resorte cierra la válvula.

Si debido a condiciones adversas del ambiente se eleva la temperatura del bulbo más que la del evaporador, hasta un punto donde se contrarresta la fuerza del resorte, la válvula abrirá y alimentará refrigerante al evaporador. Esto puede sobrecargar el compresor y causar una inundación al arranque.

Cuando el compresor arranca, la presión de succión baja rápidamente, desbalanceado las presiones sobre el diafragma. La válvula abre bastante porque la presión del bulbo es alta, ya que no ha bajado la temperatura del gas de succión. El resultado es una condición que tiende a

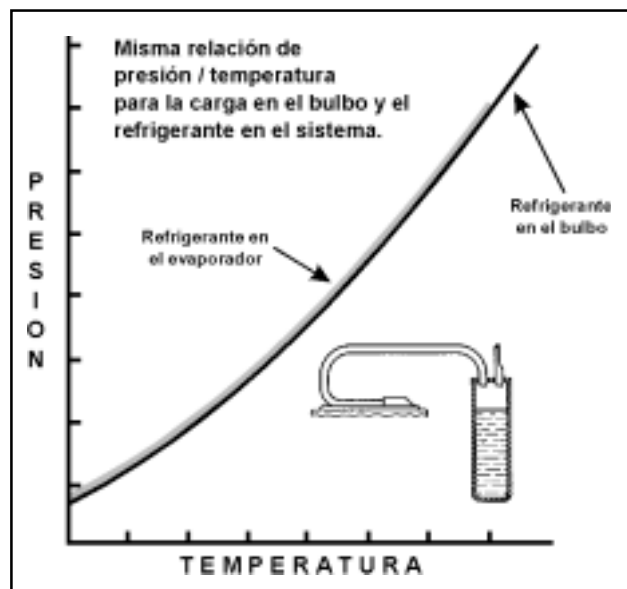


Figura 6.31 - Curvas de saturación típicas de una carga líquida.

llenar el evaporador, antes que el bulbo se enfríe para regular la válvula y producir una temperatura de sobrecalentamiento al gas de succión. Frecuentemente ocurren regresos de líquido y posible daño al compresor. La sobrealimentación al arranque, también provoca una alta carga de presión al compresor. Las posibilidades de sobrecarga del motor y de una consecuente quemadura, son muy posibles.

Las válvulas de termo expansión con cargas líquidas, se usan normalmente cuando prevalece en el evaporador un rango de temperatura extremadamente estrecho o limitado, una condición fuera del alcance de otras cargas de bulbo.

Las cargas líquidas tienen ventajas y desventajas.

Las ventajas son: obviamente que el control del flujo siempre estará en el bulbo, sin importar la ubicación o temperatura del cuerpo de la válvula y la caja del diafragma.

Las desventajas son: la válvula abre demasiado en el arranque, con las posibles consecuencias ya mencionadas; el sobrecalentamiento durante el arranque es bajo o nulo. Una ubicación inadecuada del bulbo, puede causar que la válvula abra durante el ciclo de paro; el sobrecalentamiento aumente a bajas temperaturas del evaporador y la presión de succión disminuya muy lentamente después del arranque. Las válvulas con carga líquida convencional no tiene características antifluotantes.

La Carga Gaseosa

En una válvula de termo expansión con carga gaseosa, el elemento de poder contiene el mismo tipo de refrigerante que el sistema donde se utiliza la válvula, sólo que la cantidad de líquido está limitada, de tal manera, que a cierta temperatura del bulbo remoto, la pequeña cantidad de líquido en su interior se habrá evaporado. Cuando esto sucede, toda la carga se convierte en un vapor saturado,

y cualquier incremento posterior en la temperatura del bulbo lo convierte en un gas sobrecalentado y, puesto que un gas se comprime, la presión ejercida por éste se verá limitada.

Por lo tanto, en una válvula con carga gaseosa, la presión máxima que puede desarrollarse sobre la parte superior del diafragma, está limitada por la cantidad de carga en el bulbo remoto.

Mientras la temperatura del bulbo esté debajo del punto de evaporación completa, la presión sigue la curva de saturación igual que en la carga líquida (figura 6.32). Cuando la temperatura del bulbo alcanza ese punto, el líquido se evapora completamente. Más allá de ese punto, la temperatura del vapor aumenta y se sobrecalienta, limitando la presión ejercida por el bulbo. A esto se le conoce como efecto de Máxima Presión de Operación (MOP, por sus siglas en inglés). Cuando se fabrica la válvula, el punto donde la carga se evapora completamente, puede variar en cualquier lugar a lo largo de la curva de saturación. El punto MOP depende de cómo fue cargado inicialmente el bulbo, y dónde se va a utilizar la válvula.

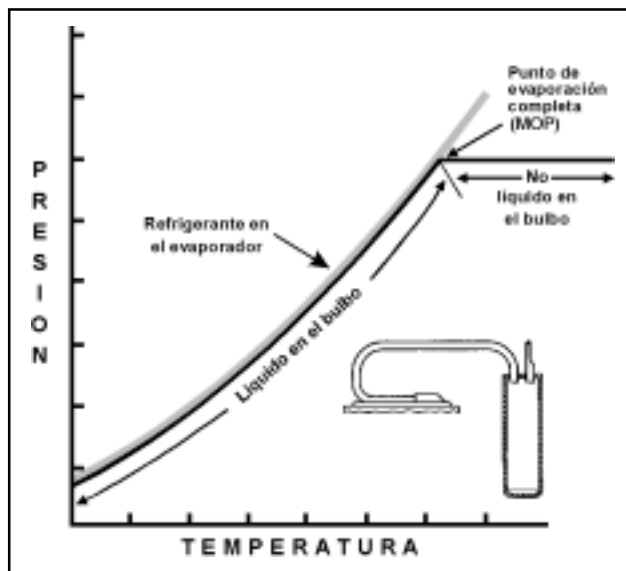


Figura 6.32 - Curvas de saturación típicas de una carga gaseosa.

Durante el ciclo de trabajo normal, la temperatura del bulbo está por debajo del punto limitante, y hay algo de líquido en el bulbo. Por lo tanto, opera igual que un elemento con carga líquida convencional.

De acuerdo a la relación de las presiones ejercidas en una válvula de termo expansión, $P_1 = P_2 + P_3$ (ver figura 6.12), es fácil deducir que, si la presión ejercida por el bulbo (P_1) se limita hasta un cierto nivel, y la presión del resorte (P_3) permanece constante, entonces la presión del evaporador (P_2) también se ve limitada. Si aumentan las presiones y temperaturas de operación del sistema, la presión del bulbo aumentará tan solo hasta ese punto limitante, y la válvula funcionará como una válvula de expansión de presión constante, manteniendo una presión fija en el evaporador. Si la presión del evaporador tiende a ir más

allá de ese punto, las fuerzas que cierran y estrangulan la válvula se ven aumentadas. Por el contrario, si disminuye la presión del evaporador, la presión del bulbo excede las fuerzas que cierran y la válvula abre.

Cuando a una válvula de termo expansión con carga gaseosa, se le fija el punto limitante muy cercano a la presión de operación del sistema, ésta actúa como una Máxima Presión de Operación, protegiendo al compresor de las altas presiones de succión. En otras palabras, la MOP es la habilidad de la válvula para disminuir el flujo o cerrar completamente, si la presión de succión se aproxima a un límite alto predeterminado, que pudiera representar un peligro para el compresor. En un compresor que usa el gas de la succión como enfriamiento, tal condición pudiera causarle un sobrecalentamiento. Una vez cerrada la válvula a causa de la MOP, el compresor continúa trabajando y tiene la oportunidad de disminuir el exceso de alta presión de succión, hasta llegar a condiciones de operación satisfactorias. En este punto (debajo de la MOP), la válvula reabrirá y alimentará de manera normal, o hasta el momento que haya una sobrecarga de nuevo.

Para ilustrar mejor esto, supongamos que en un sistema con R-22 se instaló una válvula con carga gaseosa con una MOP de 100 psig, un ajuste de sobrecalentamiento de 5 °C (lo que equivale a una presión del resorte de 16 psig), y que la válvula está alimentando normalmente como se muestra en la figura 6.33. Si la presión del evaporador aumenta hasta la MOP de la válvula (100 psig), debajo del diafragma se tendrá una presión total de $100 + 16 = 116$ psig. A estas condiciones, el gas de succión tendrá una temperatura de 20 °C (15° de saturación + 5° del sobrecalentamiento) y al pasar por el sitio del bulbo, evaporará todo el líquido en su interior.

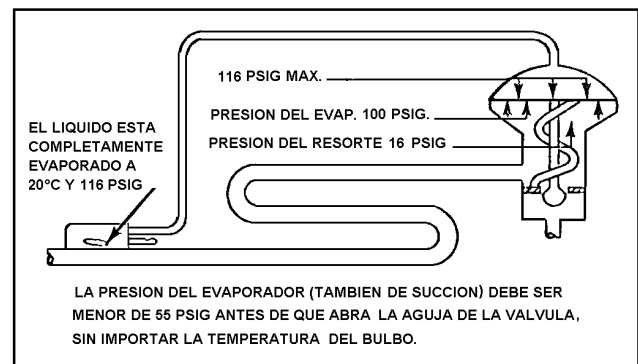


Figura 6.33 - Válvula de termo expansión con carga gaseosa y una MOP de 100 psig en un evaporador con R-22.

Hasta este punto, dentro del bulbo se tendrá vapor saturado a una temperatura de 20 °C, ejerciendo una presión de 116 psig sobre el diafragma, con lo que se equilibran las presiones a ambos lados de este último, pero la válvula permanece abierta. Si aumenta la presión dentro del evaporador, la temperatura del gas de succión sobrecalentará el gas dentro del bulbo, pero su presión no aumentará, por lo que la presión del evaporador debajo del

diafragma es mayor y cierra la válvula. Cuando la presión del evaporador disminuye por debajo de su MOP de 100 psig, se forma nuevamente líquido en el bulbo, su presión es mayor que las presiones abajo del diafragma haciendo que abra la válvula y alimente más refrigerante hacia el evaporador.

El punto limitante normalmente se fija arriba de la presión de operación de succión, y sirve primordialmente, como una característica para mantener cerrada la válvula durante los ciclos de paro. Al arrancar, la fuerza que cierra excede la presión del bulbo y se retarda la apertura de la válvula. Conforme el compresor succiona el gas refrigerante del evaporador, la presión de succión disminuye rápidamente, hasta que la fuerza que cierra es menor que la del bulbo. Entonces, abre la válvula y opera igual que la carga de líquido convencional. Este retardo en la apertura durante el arranque, reduce la posibilidad de inundación del compresor, y en algunos sistemas, proporciona inadvertidamente una protección positiva contra sobrecarga del motor.

La Máxima Presión de Operación (MOP) de una válvula de termo expansión viene ajustada de fábrica, pero se puede variar de la misma manera que se varía el sobrecalentamiento; es decir, variando la presión del resorte (P3). Consulte la sección de Medición y Ajuste del Sobrecalentamiento.

Puesto que en una válvula con carga gaseosa el contenido de líquido en el elemento de poder es muy limitado (hasta su MOP), la ubicación de la válvula es muy importante. Para mantener el control, el bulbo deberá instalarse siempre en un punto mas frío que el capilar y el cuerpo de la válvula. Es muy importante que el líquido permanezca en el bulbo. Según se muestra en la figura 6.34, si el capilar o la cabeza de la válvula están en contacto con una superficie más fría que el bulbo, el vapor se condensa en ese punto, haciendo que el bulbo pierda el control y que la válvula no funcione correctamente.

Las VTE con carga gaseosa pueden utilizarse casi en cualquier aplicación de refrigeración o aire acondicionado,

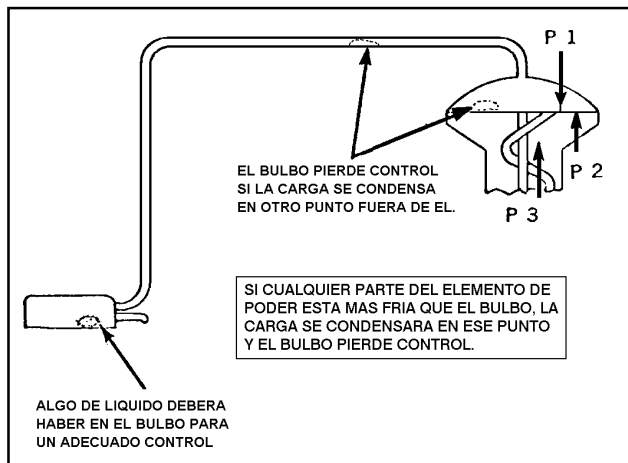


Figura 6.34 - En una VTE con carga gaseosa, el bulbo debe estar siempre en una ubicación más fría que el capilar o la cabeza.

y en cualquier rango de temperaturas. Pero en aplicaciones de baja temperatura y por lo ya expuesto anteriormente deberán tomarse las precauciones del caso. Aunque lo más recomendable es en aplicaciones en un rango de temperaturas de entre 0 y 10 °C, como en enfriadores de agua y equipos de aire acondicionado.

Resumiendo las características de la válvula con carga gaseosa, encontramos que sus ventajas son:

1. Mantiene la válvula firmemente cerrada durante los ciclos de paro.
2. Hay un retardo en la apertura durante el arranque, lo que permite un rápido abatimiento de la presión:
 - a) Protege al motor del compresor de las sobrecargas.
 - b) Evita la inundación al arranque.
3. Proporciona una Presión de Operación Máxima durante el ciclo de trabajo, para protección del motor del compresor contra las sobrecargas, algo así como una válvula de expansión de presión constante.
4. Tiene características antifluctuantes, las cuales se explicarán más adelante.

Su principal desventaja es que si la caja del diafragma o el capilar se enfrían más que el bulbo, la carga abandonará al bulbo y se perderá el control. Esta desventaja se agudiza en aplicaciones de baja temperatura y comerciales. Normalmente los sistemas de aire acondicionado y temperaturas similares, no son afectados.

La Carga Cruzada

En las válvulas de termo expansión con carga cruzada, el elemento de poder está cargado con un líquido diferente al refrigerante que se está utilizando en el sistema. Este líquido puede ser un refrigerante o algún otro compuesto químico. En una válvula con carga cruzada, al graficar las curvas de saturación (presión-temperatura) del fluido del elemento de poder y del refrigerante que usa el sistema donde está instalada la válvula, estas curvas se cruzan, de allí el nombre de «Carga Cruzada» (ver figura 6.35). Una carga cruzada puede ser líquida o gaseosa.

Este tipo de cargas surgieron cuando se intentaba desarrollar una válvula que eliminara las fluctuaciones (ver sección de fluctuación). Al principio se pensó que si se

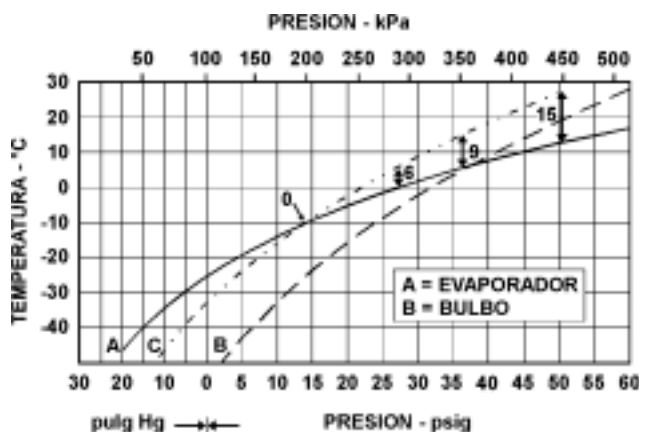


Figura 6.35 - Curvas de saturación típicas de una carga cruzada líquida.

diseñaba una válvula altamente sensible, esta respondería rápido a los cambios de presión y temperatura del gas de succión, proporcionando, por lo tanto, una mejor modulación. Pero este no fue el caso, de hecho, una válvula altamente sensible sólo agravó la condición de la fluctuación. Se intentó lo opuesto, es decir, diseñar una válvula que fuera menos sensible, y se encontró que se podían reducir o eliminar las fluctuaciones. En el desarrollo final, se encontró que una válvula menos sensible a los cambios de temperatura del bulbo, pero que responde a los cambios normales en la presión del evaporador, demostró ser la más práctica. Se tomó este principio y se aplicó para producir válvulas con características antifluctuantes.

Cuando una válvula de termo expansión con carga cruzada se instala en un sistema, por las características de la válvula, este sistema arrancará cuando la presión de succión sea alta, y parará, cuando el compresor haya disminuido considerablemente la presión dentro del evaporador, llegando al punto a que está ajustado el control de baja presión.

Después de esto, comenzará a subir la temperatura en el evaporador y en el bulbo, aumentando también sus respectivas presiones. Puesto que el fluido dentro del bulbo es diferente al refrigerante del sistema, la presión del evaporador aumenta más rápido que la del bulbo y la válvula se cierra. Al haber una alta presión de succión, se requiere un alto sobrecalentamiento para que la presión del bulbo pueda vencer la presión dentro del evaporador. Esta es una situación conveniente, ya que evita el regreso de líquido al compresor y ayuda a limitar la carga en el motor.

Para ilustrar mejor el funcionamiento de una válvula de termo expansión con carga cruzada, supongamos un sistema que trabaja con R-134a, en el cual se instala una válvula con carga cruzada. Si graficamos las presiones y temperaturas de saturación para los dos fluidos, resultarán las curvas de saturación que se muestran en la figura 6.35. La curva «A», corresponde al R-134a y representa las condiciones dentro del evaporador. Es la fuerza que cierra la válvula. La curva punteada «B», corresponde al fluido del elemento de poder, el cual es un refrigerante diferente o algún otro compuesto químico. Como se puede ver en la gráfica, las curvas aproximadamente se cruzan a 6 °C. A temperaturas mayores, el fluido del bulbo tiene una presión de saturación más baja que la del R-134a; pero a temperaturas menores a ese punto, el fluido del bulbo puede desarrollar presiones más altas que el refrigerante dentro del evaporador.

Por lo anterior, la válvula es menos sensible a los cambios de presión en el bulbo, que a los cambios de presión en el evaporador. Cuando hay una variación en la temperatura del bulbo, su presión varía menos de lo que variaría si estuviera cargado con el mismo refrigerante del sistema. Esto abate la fluctuación.

Durante la operación, podremos notar que la presión disminuye hasta un punto donde las curvas están más

cercanas. Esto significa que el sobrecalentamiento necesario para abrir la válvula, también disminuye en la misma proporción; lo que permite que se utilice más superficie del evaporador para el efecto de refrigeración, aumentando la capacidad del sistema. Una vez que el sistema está operando normalmente, las características de presión y de temperatura en el evaporador y el bulbo son muy similares, y la válvula controlará de manera efectiva con un sobrecalentamiento normal a la salida del evaporador.

La curva punteada «C», representa las temperaturas a las cuales debe aumentar el fluido del elemento de poder, para que su presión pueda vencer las presiones abajo del diafragma y que la válvula abra completamente. La diferencia de temperaturas entre la curva «A» (evaporador) y la curva «C» (bulbo), son los sobrecalentamientos de operación de la válvula.

Por lo anterior, es evidente que cuando se instale en un sistema una válvula de termo expansión con carga cruzada, su sobrecalentamiento deberá ajustarse a la temperatura de evaporación más baja que alcance el sistema cuando esté en operación. Esto evita la inundación del compresor con refrigerante líquido.

La Carga Cruzada Líquida. Generalmente, se utilizan donde es necesario un elemento de poder con carga líquida, para evitar que la carga se condense fuera del bulbo. Estas cargas tienen las mismas ventajas que las cargas líquidas normales, y aun más: la disminución de la presión de succión se hace lenta y moderadamente; reducen la carga en el compresor durante el arranque; reducen casi por completo la fluctuación. Las características del sobrecalentamiento para aplicaciones especiales, pueden hacerse a la medida.

Aunque las hay disponibles para aplicaciones en tres diferentes rangos de temperaturas, comúnmente se utilizan en aplicaciones comerciales y de baja temperatura, digamos de 4 °C para abajo.

La Carga Cruzada Gaseosa. Este tipo de cargas tienen las características de todos los otros tipos juntos, y por lo tanto, una válvula con carga cruzada gaseosa puede servir como reemplazo de cualquier otra válvula en el rango de temperaturas entre 10 y -40 °C.

Estas válvulas pueden aplicarse en un rango muy amplio de temperaturas, y pueden usarse con cualquier tipo de sistema de refrigeración o aire acondicionado. Sin embargo, comercialmente su uso principal es en bombas de calor.

En general, las ventajas de las válvulas de termo expansión con cargas cruzadas son: cierran rápidamente cuando el compresor para; eliminan la «fluctuación»; mantienen un sobrecalentamiento casi constante; evitan el regreso de líquido al compresor; permiten una rápida disminución de la presión de succión (*pull down*); protegen al compresor contra sobrecargas (MOP) y pueden instalarse sin considerar la temperatura ambiente, ya que no pierden el control si la válvula está más fría que el bulbo.

La Carga de Adsorción

Finalmente, mencionaremos el tipo de carga de adsorción. En realidad, esta es una variante de la carga gaseosa cruzada.

Los elementos de poder con cargas de adsorción dependen de un principio diferente. En estas válvulas de termo expansión, el elemento de poder contiene dos sustancias. Una es un gas no condensable, tal como el bióxido de carbono, el cual proporciona la presión. La otra, es un sólido; como el carbón, la sílica gel o la alúmina activada. Estas sustancias tienen la habilidad de adsorber gas, dependiendo de su temperatura. Las sustancias adsorben gas con más facilidad a bajas temperaturas.

Adsorción significa la adhesión de una capa de gas del grueso de una molécula, sobre la superficie de una sustancia sólida. No hay combinación química entre el gas y la sustancia sólida (adsorbente).

Al calentarse el bulbo sensor, la presión en su interior aumentará debido a la liberación del gas adsorbido. Al enfriarse el bulbo, su presión disminuye debido a que la sustancia adsorbe de nuevo al gas. Este cambio de presión se usa para controlar la apertura de la aguja de la válvula, en una válvula de termo expansión.

La apariencia y construcción general de estas válvulas, es la misma que con las de carga gaseosa cruzada. La única diferencia está en el gas y las sustancias contenidas en el elemento de poder para controlar sus presiones.

Estas válvulas de termo expansión tienen la ventaja de un retardo presión-temperatura en su operación. Tienen amplias aplicaciones de temperaturas, y se pueden usar en cualquier tipo de sistema de refrigeración o aire acondicionado. Su rango es suficiente para cubrir casi cualquier aplicación de refrigeración. El gas en el elemento de poder es un gas no condensable, mismo que permanece como tal, durante el rango de operación de la válvula.

Cada una de las diferentes cargas de bulbos mencionadas, tienen sus propias características individuales de sobrecalentamiento. Las diferentes curvas ilustradas en la figura 6.36, muestran las limitantes de operación de cada tipo. Estas curvas, no deben considerarse como valores verdaderos, sino solamente para ilustrar las ventajas y desventajas de cada una. El paréntesis horizontal indica el rango óptimo de mejor operación.

De la información proporcionada por las curvas de la figura 6.36, sobresale el hecho que la carga gaseosa cruzada W con MOP, es considerada como el mejor desarrollo. Esta carga mantiene casi constante el sobrecalentamiento, en un rango de 10 hasta -40°C de evaporación; lo que hace posible obtener un efecto de refrigeración máximo. Es de esperarse que los ajustes de sobrecalentamiento, sean consistentes para el rango completo de operación del evaporador, eliminando la preocupación de la fluctuación en los extremos de rangos de temperaturas.

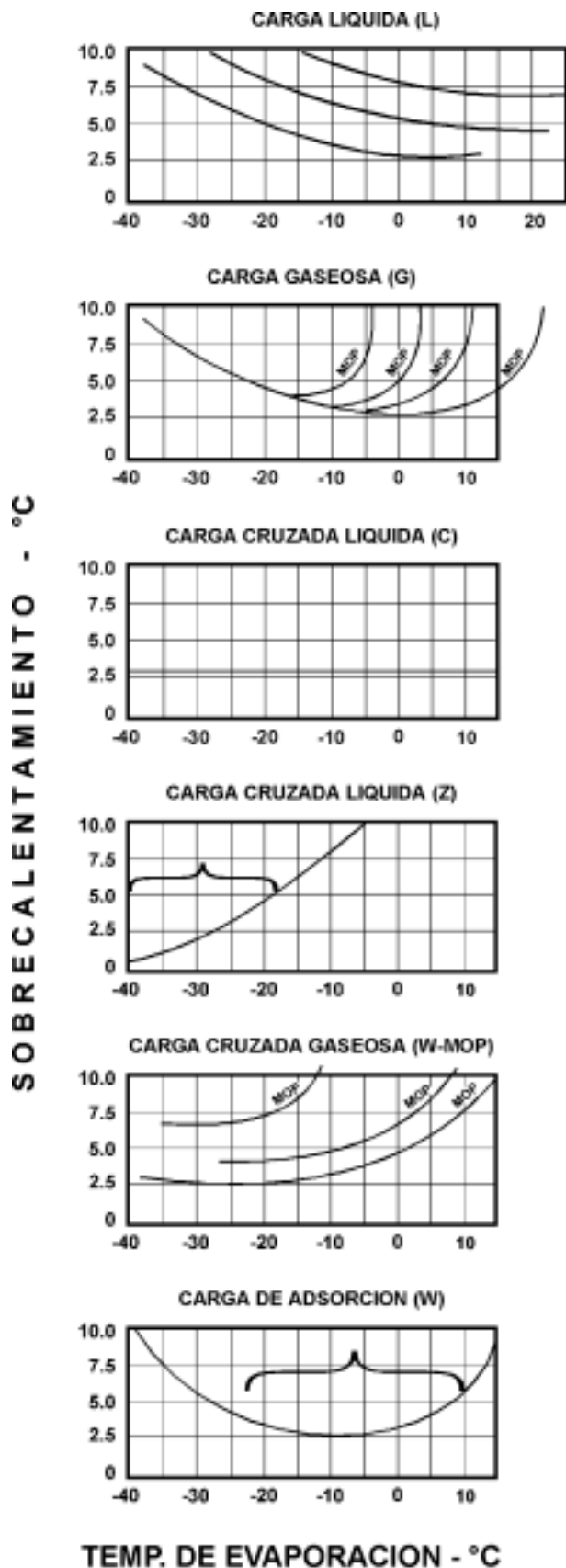


Figura 6.36- Comparación de los rangos de operación de las diferentes cargas.

Bulbos con Balasto

En sistemas de aire acondicionado y temperaturas similares, se requiere un sobrecalentamiento constante. Aunque la carga gaseosa cruzada proporciona un sobrecalentamiento casi constante, no elimina en su totalidad la fluctuación. Investigaciones exhaustivas demostraron que la mejor aproximación seguía siendo una válvula menos sensible a los cambios de temperatura del bulbo, y que sí respondiera a la presión normal del evaporador. Siguiendo este principio, algunos fabricantes de válvulas cambiaron el método, colocando una balasto dentro del bulbo de una válvula con carga gaseosa cruzada. Este balasto no es otra cosa que una barra cuadrada de acero, aunque se pueden utilizar otros materiales. El aumento de sobrecalentamiento se retarda con los cambios de temperatura y presión del bulbo, puesto que la masa de la barra de acero proporciona un retardo térmico.

Este balasto, actúa como dispositivo de seguridad en caso de que una oleada de líquido, llegara hasta la línea de succión. El líquido enfriaría la pared del bulbo en contacto con la línea de succión. La pequeña cantidad de carga dentro del bulbo, pasaría de la superficie menos fría de la barra de acero, y se asentaría sobre la pared interna más fría del bulbo adyacente a la línea de succión. Esto produciría una disminución inmediata de la temperatura y presión del bulbo, y cerraría la válvula rápidamente. Así pues, el principio antifuente tiene dos características. La válvula abre lentamente a la persistente demanda de más flujo de refrigerante, pero cierra rápidamente para evitar el regreso de líquido.

En la figura 6.37, se ilustra la operación de una carga de bulbo sin balasto. Puesto que responderá rápidamente en una forma de abrir y cerrar, la válvula puede sobrealimentar y alimentar de menos, causando la indeseable fluctuación en el sistema.

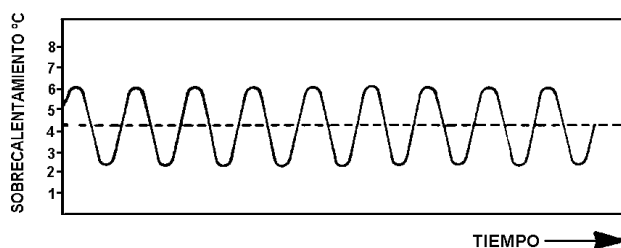


Figura 6.37 - Variación del sobrecalentamiento con respecto al tiempo en un bulbo sin balasto.

En la figura 6.38, se ilustra la variación del sobrecalentamiento de operación de un sistema de refrigeración típico con bulbo con balasto. Cuando disminuye la carga del sistema, la temperatura y el flujo en la línea de succión también disminuyen, y el sobrecalentamiento de operación aumenta rápidamente. Conforme aumenta la temperatura de la línea de succión, la presión del bulbo aumenta lentamente y el sobrecalentamiento de operación disminuye de la misma forma, hasta un nivel predeterminado. Después de varios ciclos en que se va abatiendo la

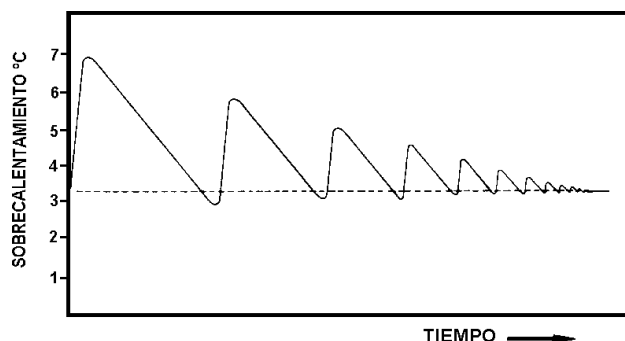


Figura 6.38 - Variación del sobrecalentamiento con respecto al tiempo en un bulbo con balasto.

amplitud, el sistema operará al sobrecalentamiento predeterminado, con un mínimo de fluctuaciones en la línea de succión.

¿Cuál Carga Utilizar?

Para ayudarle a comparar la carga correcta con su aplicación específica, consulte el código selector de cargas de válvulas de termo expansión de la figura 6.39. Esta tabla corresponde a las cargas utilizadas por ALCO CONTROLS. Es importante señalar que cada fabricante de válvulas de termo expansión utiliza su propia nomenclatura, para clasificar los diferentes tipos de cargas y los diferentes tipos de refrigerantes.

Las letras que utiliza ALCO CONTROLS para asignar las diferentes cargas del elemento de poder, son como sigue:

- L** - Carga líquida.
- G** - Carga gaseosa.
- C, Z** - Cargas cruzadas líquidas.
- CA** - Carga cruzada gaseosa
- W-MOP** - Carga cruzada gaseosa con MOP.
- W** - Carga de adsorción.

Válvulas de Thermo Expansión de Puerto Balanceado

Vimos en el tema de "Fluctuación", que el patrón de flujo de una válvula de termo expansión de un sólo puerto, puede causar dificultades en condiciones de baja carga. Mientras más grande el área del puerto (tonelajes más grandes), más propensa está la válvula a fluctuar u oscilar.

En años pasados, cuando la energía no era tan costosa, los técnicos en refrigeración especulaban con sus sistemas. Con frecuencia, las temperaturas de condensación andaban cerca de los 40°C y utilizaban mucha más energía; pero lo que hacían era derramar más agua sobre el condensador, para compensar por el amplio rango de condiciones ambientales cambiantes, y todos se sentían satisfechos con los resultados.

Pero los tiempos cambian. Muchos de los sistemas en la actualidad emplean temperaturas de condensación bases en el rango de 16° a 21°C. Son más eficientes, proporcionan mayor capacidad y duran más. Pero también pueden desbalancearse con mayor facilidad, cambiando el sobre-

Tabla 6.39 - Selector de cargas para Válvulas de Thermo Expansión de ALCO CONTROLS.

El flujo a través del puerto inferior, entra en los orificios radiales inferiores de la caja del ensamble del asiento y se mueve hacia abajo, a través del puerto formado por el asiento de la caja y el carrete de la válvula. El líquido a alta

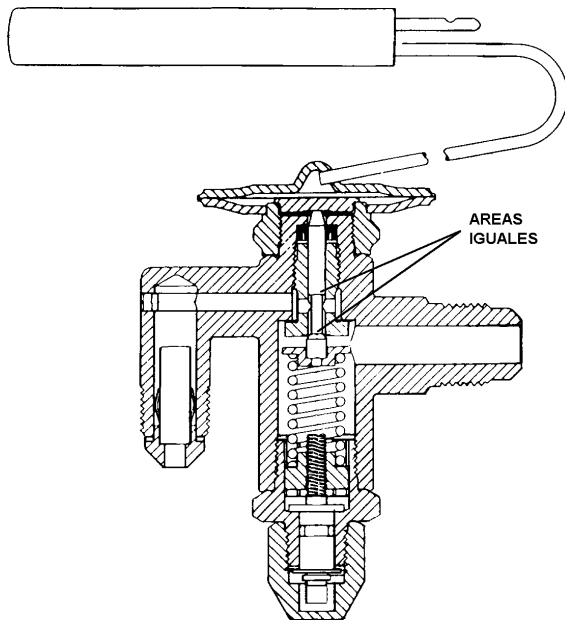


Figura 6.40 - Fuerzas balanceadas en una válvula de doble puerto o puerto balanceado.

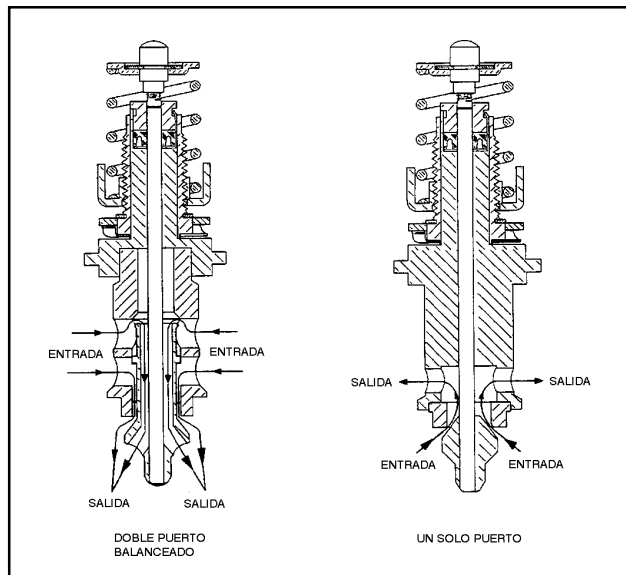


Figura 6.41 - Ensamblajes de la caja de aguja y asiento para una válvula de puerto balanceado y una válvula ordinaria.

presión actúa hacia abajo sobre el carrete y la caída de presión a través del carrete, y el asiento ejerce una fuerza en dirección de abrir.

Puesto que el área de puerto efectiva, tanto de los puertos de la caja superior e inferior, es casi la misma, la fuerza neta desbalanceada a través de estos es insignificante. Esta característica hace posible que las nuevas cajas de ensamble de doble puerto, modulen sobre un rango de cargas mucho más amplio de lo que era posible con el estilo tradicional de válvulas de un solo puerto. Las válvulas de flujo reversible, proporcionan un control satisfactorio a cargas menores del 15% de la capacidad nominal de la válvula. Su funcionamiento es superior a cualquier produc-

to competitivo disponible. El funcionamiento real en el campo, ha demostrado la superioridad de las válvulas de termoexpansión de doble puerto, así como su habilidad para reducir la fluctuación a un mínimo.

Parecería entonces, que una válvula de termoexpansión de puerto balanceado es el "cura todo" del sistema. Pero, aunque las válvulas de termoexpansión permitirían que un sistema opere en un rango ligeramente más amplio de presión hidrostática y condiciones de carga, deberán seleccionarse adecuadamente, para asegurar un funcionamiento adecuado del sistema.

Normalmente, una válvula de termoexpansión con la conexión adecuada, trabajará bien en el sistema para el cual fue diseñada. Cuando se selecciona el tamaño adecuado, esta mantendrá operando el sistema a una eficiencia alta, con buena economía.

Cómo Seleccionar una Válvula de Termoexpansión

Supongamos que en un sistema se va a reemplazar la válvula de termoexpansión porque falló, y no se conoce su capacidad. ¿Qué se debe hacer? Si se instala una válvula de mayor tamaño, va a funcionar erráticamente o a inundar el evaporador. Si la válvula es muy pequeña, no alimentará suficiente, lo cual también puede causar daño al compresor.

Los fabricantes de válvulas de termoexpansión las clasifican en base a un conjunto específico de condiciones y normas, determinadas por el Instituto de Refrigeración y Aire Acondicionado (ARI), o por la Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE). Esta clasificación es nominal, y es la que viene grabada en la placa y en la caja de la válvula. De acuerdo a la norma 750 de ARI, la capacidad nominal se determina a una temperatura en el evaporador de 40°F (4.4°C), y a una caída de presión a través de la válvula de 60 psi (414 kPa) para el R-12, el R-134a y el R-500, y 100 psi (690 kPa) para el R-22 y el R-502. Además, el refrigerante que llega a la entrada de la válvula debe ser completamente líquido, estar libre de vapor y debe estar a una temperatura de 100°F (37.8°C).

Todos los fabricantes de válvulas de termoexpansión clasifican sus válvulas de acuerdo a esta norma, y publican sus valores en forma de tablas en sus respectivos catálogos, para diferentes refrigerantes y a varias temperaturas de evaporación. Si la temperatura del refrigerante que llega a la válvula es diferente a 100°F (37.8°C), se proporciona una tabla con factores para hacer la corrección. Esta clasificación o capacidad nominal, puede ser muy diferente a la que realmente se requiere en el trabajo. Si se confía en la etiqueta o en la placa y se sigue ciegamente, puede resultar caro por las vueltas que haya que dar para revisar el equipo.

Cada fabricante de válvulas tiene una herramienta para ayudarle al técnico a determinar exactamente cuál válvula va en cada aplicación. Esta se llama *Carta de Capacidad*

Extendida, y muestra lo que cada válvula puede hacer en cada situación. Estas cartas o tablas, generalmente se publican en el catálogo.

Para usar estas cartas, es necesario determinar cuatro datos básicos, además del refrigerante usado en el sistema:

- La capacidad del sistema de refrigeración.
- La temperatura del líquido que entra a la válvula.
- La temperatura de saturación del evaporador.
- La caída de presión a través de la válvula.

Para obtener esta información, se recomienda lo siguiente:

1. La Capacidad del Sistema de Refrigeración.

Debe determinarse el tamaño del sistema en kcal/h o toneladas de refrigeración (1 T.R. = 3,024 kcal/h). Si se tiene disponible, debe revisarse la literatura del fabricante del sistema; si no se tiene disponible ningún tipo de literatura del fabricante, deberá encontrarse la clasificación del compresor en su placa. No debe tratarse de igualar la válvula a esa clasificación, porque puede variar dependiendo de la temperatura deseada en el espacio refrigerado. La temperatura promedio de un evaporador de aire acondicionado es de 5°C; para refrigeración, es de 3° a 8°C abajo de la temperatura del producto más frío almacenado.

Así pues, la capacidad del compresor en refrigeración, puede ser considerablemente menor que su capacidad nominal en la placa. Sirve solamente como una guía para la verdadera clasificación de la válvula.

2. Temperatura del Líquido que Ingresa a la Válvula .

Para que la lectura sea lo más precisa posible, esta temperatura se determina con un termómetro de los que se fijan a la tubería con una correa, o con uno similar. Como ya se mencionó antes, las capacidades nominales de las válvulas, se establecen a una temperatura del refrigerante líquido, libre de vapor, en la entrada de la válvula de 100°F (37.8°C). Si la temperatura del líquido medida a la entrada de la válvula, es mayor o menor de 100°F, en las cartas de capacidad extendidas se muestran unos factores de corrección que servirán para hacer la compensación.

Puesto que la capacidad y rendimiento de la válvula de termo expansión está basada en el refrigerante líquido que entra, se deberá prestar especial cuidado a la caída de presión total en la línea de líquido. Si esta caída de presión es muy grande, el refrigerante líquido se evaporará antes de llegar a la válvula, formando lo que se conoce como "Flash Gas". En este caso, se le deberá proporcionar un sub-enfriamiento al refrigerante líquido a la salida del condensador (ver capítulo de Indicadores de Líquido y Humedad), para asegurar que el refrigerante entre a la válvula totalmente líquido, todo el tiempo.

3. Temperatura de Saturación del Evaporador.

Si no se conoce esta temperatura, se puede estimar siguiendo la guía del punto 1. Debe ser menor que la temperatura requerida en el espacio refrigerado; si no, no se llevaría a cabo la transmisión de calor.

Si se observa detenidamente la tabla de capacidades del catálogo de Valycontrol, S.A. de C.V., se notará que la capacidad de una válvula de termo expansión disminuye al bajar la temperatura del evaporador. Esto se debe a que a menor temperatura de evaporación, se reduce el calor latente absorbido por kg. de refrigerante líquido. Como resultado, se reduce el efecto global de refrigeración. La temperatura deseada en el evaporador, es importante, cuando se desea seleccionar correctamente el tamaño de una válvula de termo expansión.

4. Caída de Presión a Través de la Válvula. Aquí, cabe aclarar, que lo que se debe determinar es la diferencia entre la presión del lado de entrada de la válvula y la presión del lado de la salida. No debe caerse en el error común, de simplemente sacar la diferencia entre las presiones de descarga y de succión del compresor. Puede que también sea necesario estimar la caída de presión debida a longitudes de tubería o a conexiones y accesorios, tales como válvulas de paso, solenoides, filtros, distribuidores, etc...

La presión a la salida de la válvula será más alta que la presión de succión indicada en el compresor, debido a pérdidas por fricción a través del distribuidor, de los tubos del evaporador, conexiones, válvulas y filtros.

La presión a la entrada de la válvula será más baja que la presión de descarga indicada en el compresor, debido a pérdidas por fricción creadas por la longitud de la línea de líquido, tubería del condensador, válvulas, conexiones, filtros y otros accesorios y, posiblemente, por alguna tubería vertical con flujo ascendente. La única excepción a esto es cuando la válvula está ubicada considerablemente abajo del recibidor, y la presión estática que se acumula es más que suficiente para contrarrestar las pérdidas por fricción. El diámetro de la línea de líquido deberá seleccionarse adecuadamente, dando la debida consideración a su longitud, además de la longitud equivalente adicional por el uso de conexiones y válvulas. Cuando sea necesario un levantamiento vertical en la línea de líquido, deberá incluirse una caída de presión adicional por la pérdida de presión estática.

En resumen, la caída de presión a través de la válvula de termo expansión, será la diferencia entre las presiones de descarga y succión en el compresor, menos las caídas de presión en la línea de líquido y la de succión. Algunas veces habrá que consultar tablas para determinar las caídas de presión, tanto en tubería como en conexiones, válvulas y accesorios. (Ver tabla 15.28, capítulo "Información Técnica").

Así que, cuando no se conozca el tamaño exacto de la válvula, tómese unos cuantos minutos para seguir los pasos recomendados y podrá hacer la selección más adecuada. Vale la pena invertir este tiempo por la satisfacción que deja el haber hecho la mejor elección, y también, para ahorrarse las molestias y costosas llamadas para regresar a hacer reparaciones.

A continuación ponemos algunos ejemplos de selección.

Ejemplo 1 - Reemplazo de una válvula de termo expansión en un sistema de refrigeración comercial con R-134a, como el que se muestra en la figura 6.42. La capacidad del sistema es de 2.5 TR (7,560 kcal/h) y es para conservación de productos lácteos.

Siguiendo los pasos mencionados anteriormente, los valores que nos falta determinar son la temperatura del líquido, la temperatura de evaporación y la caída de presión a través de la válvula.

Generalmente, en la conservación de productos lácteos, la temperatura de estos debe ser de 4°C (40°F); por lo que la temperatura de evaporación es menor que la del producto, digamos -2°C (28°F).

Tal como se mencionó anteriormente, la temperatura del líquido a la entrada de la válvula, se determina midiendo directamente en la tubería con un termómetro. Si el sistema no está operando y no hay manera de medir la temperatura directamente, podemos estimarla a partir de los datos de diseño, es decir, si la temperatura de condensación es de 35°C, el líquido llegará a la válvula a una temperatura menor, dependiendo de la caída de presión que haya en la línea de líquido. Digamos que para este ejemplo la temperatura es de 32°C (90°F).

Para determinar la caída de presión a través de la válvula, tomamos como referencia las presiones de descarga y de succión medidas en el compresor. Digamos que éstas son de 115 y 20 psig, respectivamente. Refiriéndonos a la figura 6.42, podemos determinar las caídas de presión en la línea de líquido y en la línea de succión. Existen tablas donde viene la longitud equivalente para conexiones, válvulas y accesorios. Deben considerarse, además, las pérdidas por fricción en el condensador, el evaporador y las tuberías. Para este ejemplo, digamos que la caída de presión en la línea de líquido es de 10 psi, por lo que la presión del refrigerante a la entrada de la válvula, es de $115 - 10 = 105$ psi. Haciendo las mismas consideraciones en la línea de succión, la caída de presión a través del evaporador, del filtro de succión y por la tubería, es de 5 psi; por lo que la presión a la salida de la válvula es $20 + 5 = 25$ psig. La caída de presión a través de la válvula es de $105 - 25 = 80$ psig.

En la figura 6.43 se muestra un segmento de la carta de capacidad extendida para R-134a, tomado del catálogo de Valycontrol, S.A. de C.V.

El siguiente paso es seleccionar la válvula. Primero, entramos con la temperatura de evaporación, que en nuestro caso, es de -2°C (28°F). Como este valor cae entre las columnas de 40° y 20°F, interpolamos a un valor interme-

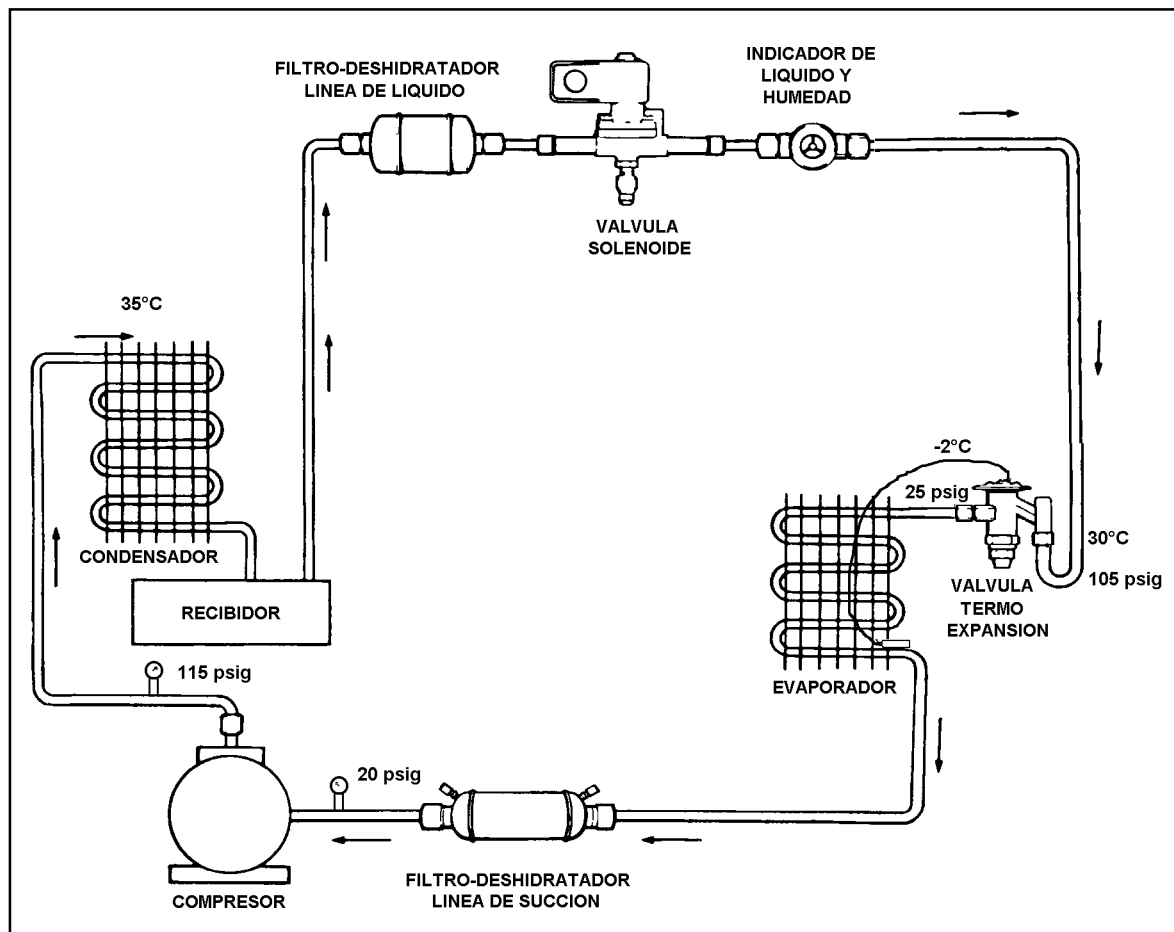


Figura 6.42 - Diagrama de un sistema de refrigeración típico con R-134a.

HF		R-134a																	
NUMER CATAL	50°F (10°C)						40°F (4°C)						20°F (-7°C)						
	Caída de Presión a través de la Válvula -PSI-																		
	60	80	100	125	150	175	60	80	100	125	150	175	60	80	100	125	150	175	
HF1/4M	0.21	0.24	0.27	0.30	0.33	0.35	0.2	0.23	0.26	0.29	0.32	0.35	0.19	0.22	0.25	0.28	0.31	0.33	
HF1/2M	0.39	0.45	0.51	0.56	0.62	0.67	0.3	0.44	0.49	0.55	0.61	0.65	0.37	0.42	0.47	0.53	0.58	0.63	
HF3/4M	0.70	0.80	0.90	1.01	1.10	1.19	0.6	0.79	0.88	0.98	1.08	1.17	0.65	0.75	0.84	0.94	1.03	1.11	
HF1M	1.06	1.23	1.37	1.54	1.68	1.82	1.0	1.20	1.34	1.50	1.65	1.78	1.00	1.15	1.29	1.44	1.57	1.70	
HF1-1/2	1.43	1.65	1.85	2.06	2.26	2.44	1.4	1.62	1.81	2.02	2.21	2.39	1.34	1.55	1.73	1.93	2.12	2.29	
HF1-3/4	1.83	2.12	2.37	2.65	2.90	3.13	1.8	2.07	2.32	2.59	2.84	3.07	1.72	1.98	2.22	2.48	2.71	2.93	
HF2-1/2	2.42	2.80	3.13	3.49	3.83	4.13	2.3	2.74	3.06	3.42	3.75	4.05	2.27	2.62	2.93	3.27	3.58	3.87	
HF4M	4.30	4.97	5.56	6.21	6.80	7.35	4.2	4.87	5.44	6.08	6.66	7.20	4.03	4.65	5.20	5.82	6.37	6.88	
HF6M	5.99	6.92	7.73	8.65	9.47	10.2	5.8	6.77	7.57	8.47	9.27	10.0	5.61	6.48	7.24	8.10	8.87	9.58	
HF7-1/2	7.58	8.75	9.79	10.9	11.9	12.9	7.4	8.57	9.58	10.7	11.7	12.6	7.10	8.19	9.16	10.2	11.2	12.1	
HF11M	11.2	12.9	14.5	16.2	17.7	19.2	11.	12.7	14.2	15.9	17.4	18.8	10.5	12.1	13.5	15.2	16.6	17.9	

Tabla 6.43 - Segmento de la tabla de capacidad extendida.

	Temperatura de Refrigerante Líquido °F (°C)														
	0 (-18)	10 (-12)	20 (-7)	30 (-1)	40 (4)	50 (10)	60 (16)	70 (21)	80 (27)	90 (32)	100 (38)	110 (43)	120 (49)	130 (54)	140 (60)
R12 Factores de Corrección	1.60	1.54	1.48	1.42	1.36	1.30	1.24	1.18	1.12	1.06	1.00	0.94	0.88	0.82	0.75
R134a Factores de Corrección	1.64	1.58	1.52	1.45	1.39	1.32	1.27	1.21	1.11	1.07	1.00	0.93	0.87	0.81	0.73
R22 Factores de															

Tabla 6.44 - Tabla de factores de corrección de la capacidad real de una válvula cuando la temperatura del líquido es diferente de 100°F (37.8°C).

dio. Enseguida, como la caída de presión a través de la válvula es de 80 psi y la capacidad del sistema es de 2.5 TR, tomamos los valores en la columna de 80, donde cruzan con la capacidad nominal de 2.5 TR, correspondiente al modelo HF 2-1/2 M. En la columna de 40°F, tenemos un valor de 2.74 y en la de 20°F un valor de 2.62. El valor promedio entre estos dos es de 2.68 TR, lo que nos indica que la selección es adecuada, ya que el valor resultante debe ser igual o ligeramente mayor que el tonelaje del sistema. Pero además, hay que corregir este valor, utilizando los factores de la tabla 6.44, ya que la temperatura del líquido es menor de 37.8°C (100°F). La temperatura del líquido a la entrada de la válvula para este ejemplo es de 32°C (90°F); por lo que el factor de corrección en la tabla 6.44, es el correspondiente a la intercepción de R-134a y 90°F, o sea, 1.07.

La capacidad real de la válvula de expansión seleccionada, una vez instalada en nuestro sistema, será de: $2.68 \times 1.07 = 2.86$ TR.

Ejemplo 2 - Se tienen los siguientes datos:

Refrigerante del sistema = R-502 (baja temperatura).

Capacidad del evaporador = 12 TR (36,288 kcal/h).

Temperatura de evaporación = -25°C (-13°F).

Temperatura de condensación = 49°C (120°F).

Caída de presión en tuberías, conexiones y accesorios = 10 psi.

Para el R-502 a una temperatura de condensación de 49°C (120°F), corresponde una presión de 283 psig, y a una temperatura de evaporación de -25°C (-13°F), corresponde una presión de 20 psig. La presión de condensación,

menos la presión de evaporación es $283 - 20 = 263$ psi. A este valor se le resta la caída de presión en las líneas, y tenemos que la caída de presión a través de la válvula es de $263 - 10 = 253$.

Con estos datos, nos vamos a las cartas de capacidad extendida en el catálogo, y vemos que para R-502, la válvula que anda en el rango de 12 TR, es el modelo TRAE12R. Nuevamente, como la temperatura de evaporación cae en un valor intermedio de los que vienen en la carta, interpolamos entre las temperaturas de -10° y -20°F, entrando con una caída de presión de 250 psi. Los valores de la tabla son 15.7 TR a -10°F y 13.1 TR a -20°F, por lo que el valor interpolado es de 14.19 TR. Como la temperatura del líquido es diferente a los 100°F, tenemos que hacer la corrección correspondiente. De la tabla de factores de corrección, vemos que a 43°C (110°F) para R-502, es 0.91; por lo que la capacidad real de la válvula será $14.9 \times 0.91 = 13.5$ TR. En este ejemplo, la caída de presión de 10 psi, es la diferencia entre la presión de la línea de líquido y la de la línea de succión, por lo que simplemente se resta de la diferencia entre las presiones de descarga y de succión.

El factor de corrección se selecciona a la temperatura de 43°C, y no a la de condensación (49°C), ya que se considera que hay una caída de temperatura entre la descarga del compresor y la entrada a la válvula de termo expansión. También, está válvula deberá ser con igualador externo debido a la caída de presión en el evaporador. La conexión es soldable.

Ejemplo 3 - Se tienen los siguientes datos:

Refrigerante = R-22 (sistema de aire acondicionado).

Capacidad del evaporador = 7.5 TR (22,680 kcal/h).

Temperatura de evaporación = 5°C (41°F).

Temperatura de condensación = 35°C (95°F).

Caída de presión en tuberías, conexiones y accesorios = 12 psi.

Para el R-22 a una temperatura de 5°C, corresponde una presión de 70 psig, y a 35°C, corresponde una presión de 182 psig. La diferencia entre estas presiones es de $182 - 70 = 112$ psi. Si restamos a este valor la caída de presión en tuberías, conexiones y accesorios, tenemos que la caída de presión a través de la válvula es de $112 - 12 = 100$ psi.

De la carta de capacidad extendida en el catálogo, tenemos que el modelo seleccionado es la válvula TCL7-1/2H, la cual a una temperatura de evaporación de 40°F da un valor de 7.4 TR. Nuevamente, tenemos que corregir este valor, ya que la temperatura del líquido entra a menos de 100°F. De la tabla de factores de corrección a 90°F, el factor es 1.06, por lo que la capacidad real de la válvula seleccionada a las condiciones de operación, es de $7.4 \times 1.06 = 7.84$ TR.

Medición y Ajuste del Sobrecalentamiento

A menos que se especifique lo contrario, todos los fabricantes de válvulas de termo expansión, ajustan las válvulas a un sobrecalentamiento estándar, el cual es suficiente para que la válvula funcione a su capacidad nominal. Generalmente, este ajuste es suficiente para que la válvula opere adecuadamente y no es necesario cambiarlo. Algunos fabricantes ajustan el sobrecalentamiento a una "temperatura de baño", la cual es codificada alfabéticamente sobre la placa como se muestra en la figura 6.45. Así pues, una válvula con un "10A" estampado en la placa, ha sido ajustada a un sobrecalentamiento estático de 10°F (5.6°C) con un baño de 32°F (0°C). De manera similar una válvula estampada con "10C", ha sido ajustada a un sobrecalentamiento estático de 10°F (5.6°C) con un baño de 0°F (-18°C).

Con frecuencia se refiere al sobrecalentamiento como el "pulso" de la válvula de termo expansión. El sobrecalentamiento

es importante para evaluar el funcionamiento de una válvula, sobre todo, para hacer un buen diagnóstico cuando se sospecha que la válvula es la que está fallando. Para conocer el sobrecalentamiento que está manteniendo una válvula de termo expansión en un sistema de refrigeración, se necesita determinar los valores que son: la presión y la temperatura del gas de succión, justo en el sitio donde está ubicado el bulbo de la válvula. Con un termómetro de precisión adecuado, se puede medir la temperatura directamente sobre la línea de succión. Se puede utilizar un termómetro de bolsillo para refrigeración, con abrazadera apropiada para el bulbo; o bien, se puede ser aun más preciso, utilizando un potenciómetro (termómetro eléctrico) con termopares (cables y sondas).

El elemento sensor de su termómetro deberá ser fijado con cinta en la línea de succión, en el punto donde está ubicado el bulbo, y deberá aislarse contra el medio ambiente. Los elementos de temperatura de este tipo, así como los termómetros, si no se aíslan, darán una lectura promedio de la línea de succión y el ambiente.

La presión se puede medir por dos métodos:

- 1) Si la válvula cuenta con igualador externo, se puede instalar una conexión "T" en la línea del igualador externo, y medir allí directamente la presión con un manómetro calibrado. Suponiendo que se cuenta con un manómetro y medidor de temperatura exactos, este método proporcionará lecturas de sobrecalentamiento lo suficientemente exactas para todo fin práctico.
- 2) Si la válvula no cuenta con igualador externo, la presión se mide en la válvula de servicio de succión del compresor. Con este segundo método se pueden hacer dos consideraciones:
 - a) Estimar la caída de presión en la línea de succión por las conexiones, accesorios y tuberías, y sumar éste valor a la presión leída en el compresor. El resultado será la presión que se tiene en el sitio donde está ubicado el bulbo.
 - b) Si el equipo es muy compacto, donde no se considera caída de presión en la línea de succión, la presión será entonces la misma que la leída en la válvula de servicio del compresor.

Puesto que las estimaciones de caída de presión en la línea de succión, generalmente, no son lo suficientemente precisas para proporcionar una perspectiva real de sobrecalentamiento, no se puede confiar en este método para obtener valores absolutos. Cabe hacer notar que el error en este caso siempre será positivo, y que el sobrecalentamiento resultante, será mayor que el valor real.

Volviendo a expresar lo anterior, el único método de verificar el sobrecalentamiento que arrojará un valor absoluto, es en el que se obtienen las lecturas de presión y temperatura a la salida del evaporador.

Otros métodos empleados arrojarán un sobrecalentamiento ficticio, el cual puede resultar engañoso, cuando se utiliza para analizar el funcionamiento de una válvula de termo expansión.

Temp. de Baño	Letra del Código
32°F (0°C)	A
10°F (-12°C)	B
0°F (-18°C)	C
-10°F (-23°C)	D
-20°F (-29°C)	E

Tabla 6.45 - Diferentes "Temperaturas de baño" a las que se ajusta el sobrecalentamiento de fábrica.

Al darse cuenta de las limitaciones de estos métodos aproximados y de la dirección del error, con frecuencia es posible determinar que la causa de una aparente avería en la válvula, se debe al uso de métodos inadecuados de instrumentación, más que a un mal funcionamiento.

Otro error más que se presentará al detectar fallas en áreas montañosas o lugares muy altos sobre el nivel del mar, es la baja presión manométrica, comparadas con las lecturas al nivel del mar. Utilice una tabla de presión-temperatura que tenga lecturas corregidas a 1500 o a 2000 m. (Ver tabla 13.6, capítulo "Psicrometría").

Ejemplos de Cómo Medir el Sobrecalentamiento

Enseguida, veremos un ejemplo de cada uno de los métodos descritos anteriormente, acerca de la medición del sobrecalentamiento.

Ejemplo 1 - Cuando la válvula cuenta con igualador externo, en un sistema con R-22.

Refiriéndonos a la figura 6.46, primero determinamos la temperatura del vapor sobrecalentado a la salida del evaporador, justo en el sitio donde está ubicado el bulbo. Para hacer esto, se necesita primero limpiar el área del tubo de succión donde se va a hacer la medición, y fijar el termopar con cinta aislante. Digamos que la temperatura obtenida sea de 11°C.

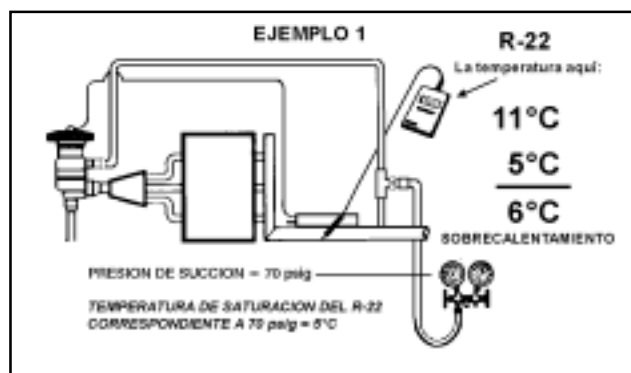


Figura 6.46 - Ejemplo de medición del sobrecalentamiento para una válvula con igualador externo y R-22.

Enseguida, se determina la presión de succión con un manómetro calibrado. Este manómetro se conecta a una "T", previamente instalada en la línea del igualador externo. Dependiendo de la facilidad de acceso que se tenga, la conexión "T" puede instalarse en cualquiera de los dos extremos de la línea del igualador, como se muestra en la figura 6.46. También se puede hacer una desviación, utilizando las mangueras del múltiple de servicio. Supongamos que la presión leída sea de 70 psig. De la tabla de presión-temperatura, se determina la temperatura de saturación para el R-22, correspondiente a la presión leída, que en este caso es de 5°C.

El sobrecalentamiento va a ser el valor que resulte de restar la temperatura de saturación (5°C) de la tempera-

tura sensible medida en el primer paso (11°C); es decir: Sobrecalentamiento = 11°C - 5°C = 6°C.

Ejemplo 2 - Cuando la válvula no cuenta con igualador externo, en un sistema con R-134a.

Refiriéndonos a la figura 6.47, el método alternativo para determinar el sobrecalentamiento cuando la válvula no cuenta con igualador externo, o en instalaciones estrechamente unidas, es el siguiente: primero, determinamos la temperatura del vapor sobrecalentado a la salida del evaporador, de la misma manera que el ejemplo anterior. Digamos que la temperatura es de 2°C.

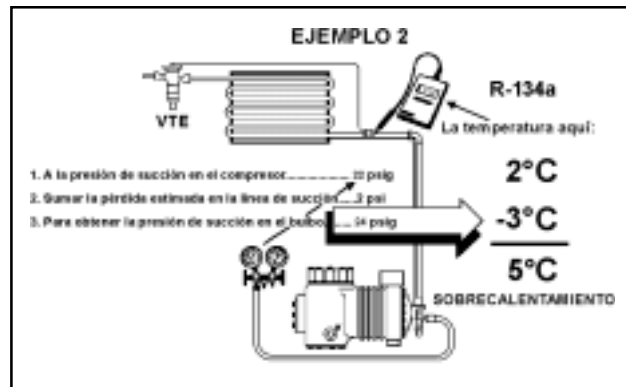


Figura 6.47 - Medición del sobrecalentamiento en una válvula sin igualador externo y R-134a.

Medimos la presión de succión con un manómetro calibrado, directamente en la válvula de servicio de succión del compresor; en este caso, la presión es de 22 psig. Enseguida, estimamos la pérdida de presión por conexiones y accesorios en la línea de succión. Para nuestro ejemplo, consideramos esta caída de presión de 2 psi. Sumamos este valor a la presión obtenida en la válvula de servicio del compresor, para obtener la presión de succión a la salida del evaporador, que es la que necesitamos:

Presión de succión = 22 psig + 2.0 psi = 24 psig.

De la tabla de presión-temperatura para R-134a, determinamos la temperatura de saturación correspondiente a esta presión, que para este ejemplo es de -3°C.

Nuevamente, el sobrecalentamiento será el valor que resulte de restar la temperatura de saturación (-3°C) a la temperatura sensible medida en el primer paso (2°C); es decir:

Sobrecalentamiento = 2°C - (-3)°C = 5°C.

Como regla general, el sobrecalentamiento a la salida del evaporador, independientemente del refrigerante que se está utilizando, deberá estar aproximadamente dentro de los siguientes valores:

1. Alta temp. (temp. evap. 0°C o mayor) entre 6° y 7°C.
2. Temp. media (temp. evap. -18° a 0°C) entre 3° y 6°C.
3. Baja temp. (temp. evap. abajo de -18°C) entre 1° y 3°C.

Cómo Ajustar el Sobrecalentamiento

Normalmente, todas las válvulas de termo expansión tendrán un buen funcionamiento con el ajuste preestablecido de la fábrica, y por lo general, no es necesario modificarlo. Aunque ocasionalmente, en muy pocos sistemas, el ajuste de sobrecalentamiento puede requerir alguna modificación en la instalación, sin importar la marca de la válvula.

Antes de ver el procedimiento para variar el sobrecalentamiento, es conveniente conocer cómo se hace el ajuste de fábrica.

El sobrecalentamiento en lo que a válvulas de termo expansión se refiere, puede dividirse en tres categorías:

Sobrecalentamiento estático - Es el sobrecalentamiento necesario para contrarrestar la fuerza del resorte, de tal manera, que cualquier sobrecalentamiento adicional causará que se abra la válvula.

Sobrecalentamiento de apertura - Cantidad de sobrecalentamiento que se requiere, para levantar de su asiento la aguja de la válvula, a fin de permitir el flujo de refrigerante hasta su capacidad de clasificación.

Sobrecalentamiento de operación - Bajo condiciones normales, es el sobrecalentamiento al cual opera la válvula en un sistema de refrigeración; o sea, a su capacidad nominal. El sobrecalentamiento de operación, es la suma de los sobrecalentamientos estático y de apertura.

En la figura 6.48, se ilustran los tres sobrecalentamientos. La capacidad de reserva es importante, puesto que proporciona la habilidad para compensar los incrementos sustanciales, que ocasionalmente se presentan como carga en el evaporador, "flash gas" intermitente, reducción en la presión de alta debido a condiciones ambientales bajas, falta de refrigerante, etc...

El ajuste de fábrica del sobrecalentamiento estático, se hace con la aguja de la válvula comenzando a levantarse del asiento. Las termo válvulas están diseñadas de tal

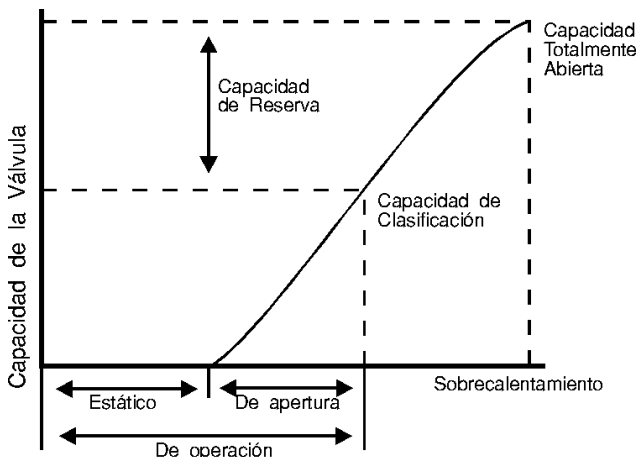


Figura 6.48 - Curva de capacidad vs. sobrecalentamiento, para una válvula de termo expansión típica.

manera, que es necesario un incremento en el sobrecalentamiento del gas refrigerante que sale del evaporador, usualmente de 2° a 3°C por arriba del ajuste estático de fábrica, para que la aguja abra hasta su posición de clasificación. Este sobrecalentamiento adicional se conoce como gradiente. Por ejemplo, si el ajuste estático de fábrica es de 3°C, el sobrecalentamiento de operación en la posición de clasificación, será de 5° a 6°C, a menos que se especifique lo contrario. Figura 6.49.

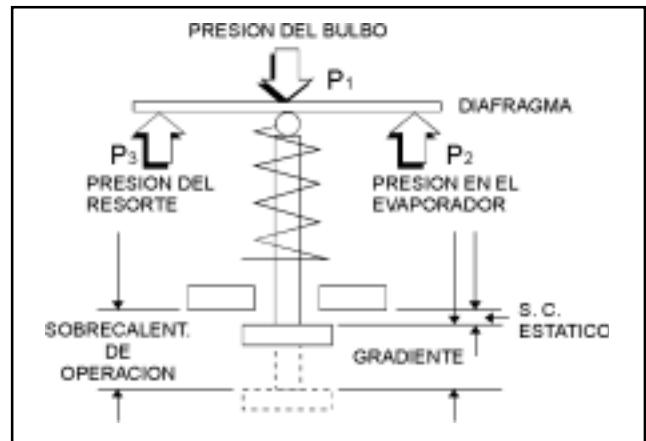


Figura 6.49 - Sobrecalentamiento estático y gradiente de una termo válvula.

Generalmente, los fabricantes proporcionan las termo válvulas del tipo ajustable, con un ajuste de sobrecalentamiento estático de fábrica de entre 3° y 6°C. Si el sobrecalentamiento de operación se eleva innecesariamente, disminuye la capacidad del evaporador.

Si el vástago de ajuste se gira en el sentido de las manecillas del reloj, se aumentará la presión del resorte P_3 , aumentando el sobrecalentamiento estático, y se disminuyendo la capacidad de la válvula. Girando el vástago en el sentido contrario a las manecillas del reloj, se disminuye el sobrecalentamiento estático, y se aumenta la capacidad de la válvula dentro de un rango limitado.

Si después de haber hecho la medición correcta del sobrecalentamiento, como se mencionó anteriormente, se determina que hay que hacer un ajuste, el procedimiento más recomendable es el siguiente:

Si el sobrecalentamiento está bajo, habrá que girar el vástago aproximadamente media vuelta en sentido de las manecillas del reloj, esperar de 15 a 30 minutos, hasta que se estabilice el sistema a las nuevas condiciones, y luego hacer otra medición del sobrecalentamiento. Si aún está bajo el sobrecalentamiento, se repite el procedimiento.

Si el sobrecalentamiento está alto, se tendrá que proceder de la misma manera, sólo que girando el vástago de ajuste en el sentido contrario. Es importante, entre una lectura y otra, esperar de 15 a 30 minutos a que se estabilice el sistema.