

FUNCIONAMIENTO DE UN EQUIPO ACONDICIONADOR

Jorge Pozzi – agosto 2024

Lo primordial para conocer el funcionamiento de un equipo acondicionador es comprender como trabaja un sistema de refrigeración mecánica, más correctamente llamado refrigeración por compresión de vapor. En esta técnica, el efecto frigorífico, se logra por medio de la circulación de un fluido refrigerante, que cambiando de estado gaseoso a líquido y de líquido a gaseoso según atraviesa los distintos componentes del sistema. Es a través de esa variación de estado cuando se produce el intercambio térmico que logra extraer el calor del aire del local a climatizar.

Refrigeración mecánica (Refrigeración por compresión de vapor)

La figura siguiente muestra un sistema de refrigeración mecánica, en el esquema se exhiben los componentes básicos. Para facilitar su interpretación, se indican algunas temperaturas típicas para el caso de un equipo de acondicionamiento de aire. El fluido refrigerante circula a través de la tubería y de todos los elementos en la dirección indicada en el dibujo.

Hay cuatro procesos (cambios de estado) que se producen a medida que el fluido recorre los componentes del sistema. Cada uno de los procesos son pasos dentro del circuito que para mejor seguimiento se han numerado. Por lo tanto los procesos son: 1-2, 2-3, 3-4 y 4-1:

-

Proceso 1-2. En el punto (1), el refrigerante se encuentra en estado líquido a una presión y temperatura relativamente altas. Pasa al punto (2) a través de una restricción, que se llama dispositivo de expansión. El refrigerante pierde presión al pasar por la restricción. La presión en el punto (2) es tan baja que se evapora una pequeña parte del refrigerante, pasando al estado gaseoso. Pero para evaporarse debe ganar calor, que toma de la parte del refrigerante que no se evaporó, y así se enfría la mezcla produciendo la baja temperatura del punto (2).

Proceso 2-3. El refrigerante pasa a través de un intercambiador, en el esquema una serpentina, llama evaporador. Esta serpentina tiene dos superficies de contacto. Una es el interior de los tubos por donde circula el refrigerante y el otro son las aletas por donde pasa el aire. El aire a enfriar al estar a una temperatura mayor que la del refrigerante, y por lo tanto se transfiere calor desde el mismo al refrigerante, produciéndose el enfriamiento que se desea. El refrigerante hierve debido al calor que recibe del aire en el evaporador. Cuando sale del evaporador (3) está vaporizado por completo.

Proceso 3-4. Al salir del evaporador, el refrigerante es un gas a baja temperatura y baja presión. Para volver a usarlo y obtener continuamente el efecto de evaporación, se debe regresar a las condiciones del punto (1): líquido a alta presión. El primer paso en este proceso es aumentar la presión del refrigerante en estado gaseoso mediante el trabajo del compresor. Al comprimir el gas también se tiene un aumento de su temperatura.

Proceso 4-1. El fluido refrigerante sale del compresor en estado gaseoso a alta temperatura y alta presión. Para cambiar al estado líquido, se debe eliminar calor. Esto se logra en otro intercambiador, en el esquema también una serpentina, llamada condensador. El refrigerante fluye en el interior de los tubos de la serpentina

y por las aletas circula aire a menor temperatura que el refrigerante. Por lo tanto, el calor se transfiere del refrigerante al aire de enfriamiento y, como resultado de ello, el fluido refrigerante se condensa pasando a estado líquido, punto (1). El refrigerante vuelve a su estado inicial y está listo para repetir el ciclo. Desde luego, estos procesos son continuos, mientras el compresor este en marcha.

Para completar la descripción lo diagramas siguientes muestran el funcionamiento y los principales componentes de un equipo "Split".

CICLO DE ENFRIAMIENTO DE UN EQUIPO "SPLIT"

Funcionamiento

Por medio del termostato se pone en funcionamiento el equipo. Inmediatamente arranca el ventilador de la unidad interior. Si la temperatura en el ambiente es superior a la ajustada, también arranca el compresor y el ventilador de la unidad exterior. El fluido refrigerante, en estado de gas caliente, sale del compresor e ingresa a la serpentina condensadora donde cede calor y cambia a fase líquida (se condensa) El líquido en el capilar se enfría, pierde presión e ingresa al evaporador donde se evapora por completo tomando calor del aire, enfriándolo. Cuando sale del evaporador está vaporizado por completo, entra en el compresor completando el ciclo, el proceso es continuo mientras el compresor ese en funcionamiento.

Componentes



Unidad Interior

Contiene el evaporador que es una serpentina donde el refrigerante pasa de estado líquido a gaseoso absorbiendo calor del aire que es recirculado por un ventilador.



Unidad Exterior

Comprende el compresor y la serpentina condensadora, donde el refrigerante pasa de estado gaseoso a líquido disipando, mediante un ventilador, el calor al exterior

Compresor

Genera el impulso que mantiene la circulación del refrigerante, toma el gas con baja presión que abandona el evaporado lo comprime, aumentando la presión y la temperatura.



Refrigerante

El fluido refrigerante, en el equipo acondicionador cambia su estado de líquido a gaseoso absorbiendo en el proceso el calor del ambiente y de gas a líquido, disipando el calor en el exterior.

Capilar

Es un obstáculo donde el refrigerante, en estado líquido, pierde presión y mientras circula en forma continua una parte se evapora tomando calor y enfriando al resto del refrigerante.



Tuberías

Son la conexión entre la unidad interior (evaporador) y la unidad exterior (condensador). Deben estar aislados para evitar pérdidas de eficiencia y evitar que "transpiren" debido a la condensación sobre el tubo frío.



Termostato

Es una completa estación de control, Maneja el funcionamiento total del equipo acondicionador



Filtro de aire

El filtro de aire de la unidad interior es extremadamente importante, retiene las partículas presentes en el aire tales como: polvo, polen, ácaros, olores y muchos contaminantes más.

BOMBA DE CALOR

La bomba de calor en un sistema de aire acondicionado tiene como finalidad suministrar calor, en el espacio climatizado, con los mismos dispositivos que suministra enfriamiento. Su funcionamiento se basa en el ciclo de refrigeración reversible, es decir, son equipos capaces de aportar calefacción y aportar enfriamiento.

Este sistema absorbe el calor del aire exterior y lo transporta hacia el espacio interior, haciendo que se trate de un sistema de bajo consumo y ecológico, gracias a que su fuente principal de energía proviene del calor existente en el aire.

La gran ventaja de la bomba de calor no es su carácter dual (proporcionar tanto enfriamiento como calefacción); lo que la hace realmente valiosa es su gran eficiencia energética.

En las aplicaciones termomecánicas se miden la eficiencia energética de un equipo o sistema mediante el factor COP, siglas inglesas que quieren decir "Coefficient Of Performance", es decir, Coeficiente Operacional en castellano.

Este coeficiente mide cuánta energía se produce con la energía invertida. Un COP 1 significa que, por cada unidad de energía utilizada, se produce una unidad de energía calórica. Un calefactor eléctrico típico es un ejemplo de COP 1, pues la resistencia eléctrica aprovecha la misma energía que consume de la red eléctrica, sin añadir ni perder nada por el camino. Una buena bomba de calor puede tener hasta un COP mayor que 4, es decir, que produce cuatro veces más energía, en forma de calor, que la electricidad que consume, gracias a que obtiene esa energía del entorno exterior.

En síntesis en un equipo acondicionador el compresor consume energía eléctrica para transportar calor, no para generarlo.

Un calefactor eléctrico no puede entregar ni más ni menos que un kW calórico (860 Kcal/h) por kW eléctrico, es decir tiene un coeficiente operacional (COP) igual a la unidad.

En un sistema con bomba de calor La potencia calórica entregada es superior a la consumida. Los equipos modernos pueden entregar más de cuatro veces la potencia consumida, es decir un COP superior a 4

Equipo acondicionador con bomba de calor

Un equipo acondicionador con bomba de calor funciona en base al ciclo de refrigeración por compresión de vapor analizado anteriormente. La diferencia con un equipo solo enfriamiento es que el funcionamiento debe ser reversible.

Para que el equipo se pueda utilizar tanto en calefacción como en enfriamiento exige que las serpentinas en el interior y en el exterior funcionen como condensador y como evaporador, respectivamente en el modo calefacción y como evaporador y condensador en el modo enfriamiento.

Esto se logra mediante la incorporación en el circuito, de una válvula inversora de ciclo (normalmente llamada válvula de cuatro vías). Esta válvula invierte el sentido del ciclo frigorífico, de manera que la serpentina de la unidad interior que actúa como "Evaporador" en el modo enfriamiento pasa a actuar como "Condensador" en el modo calefacción, y el intercambiador exterior que actúa como "Condensador" en ciclo de enfriamiento, pasa a hacerlo como "Evaporador" en ciclo de calefacción.

El ciclo reversible, requiere que el dispositivo de expansión (válvula o capilar) trabaje en dos sentidos. En la mayoría de los equipos está resuelto con dos elementos de expansión y dos válvulas de retención,

conectadas en paralelo, desviando el desplazamiento del fluido en el sentido de circulación que no debe tener restricción.

-

Esquema de un circuito frigorífico con bomba de calor, trabajando en el modo “Enfriamiento”. La posición de la válvula inversora de ciclo conecta a la serpentina exterior para que opere como condensador y vincula a la serpentina interior para que trabaje como evaporador: La válvula de retención del dispositivo de expansión de la serpentina exterior permite la circulación del refrigerante sin restricción.

-

El esquema representa un circuito frigorífico con bomba de calor, trabajando en el modo “Calefacción”. La posición de la válvula inversora de ciclo (energizada) conecta a la serpentina exterior para que opere como evaporador y vincula a la serpentina interior para que trabaje como condensador: La válvula de retención del dispositivo de expansión de la serpentina interior permite la circulación del refrigerante sin restricción.

COMPONENTES y ESTRUCTURA DE LOS EQUIPOS ACONDICIONADORES

Conociendo el funcionamiento de los equipos acondicionadores, entonces, al presente, es relevante conocer como es la ubicación física de los distintos componentes de los diferentes equipos de acondicionamiento de aire para aplicaciones residenciales.

Acondicionadores de ventana

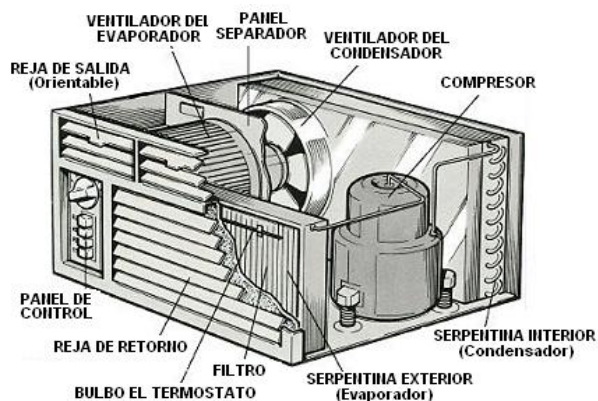
En estos equipos todos los componentes están ubicados en un solo gabinete. Los chasis de estos equipos tienen dos secciones definidas, en la parte interior está ubicada la serpentina evaporadora, el ventilador de recirculación del aire tratado, las rejas de retorno, el deflector de salida de aire, el filtro y el panel de control. En el sector exterior se ubica la serpentina condensadora, el ventilador de recirculación de aire exterior, el compresor, el dispositivo de expansión y la válvula inversora de ciclo. Las figuras siguientes muestran la ubicación de los distintos componentes.



Equipo acondicionador de ventana



Equipo acondicionador sin gabinete



Ubicación de los principales componentes

Componentes y flujos de aire interior y exterior

Acondicionador separado (split).

Diferente a los equipos autocontenidos, en los equipos "Split" los componentes están emplazados en dos unidades separadas las que deben ser montadas e interconectadas en el lugar de la instalación por personal técnico capacitado.

La unidad condensadora debe trabajar en el exterior, por lo tanto, está diseñada para ser instalada a la intemperie. Comprende: el compresor, la serpentina condensadora, el ventilador, el dispositivo de expansión, el panel de control y las válvulas de servicio.

El equipo interior o unidad evaporadora es el gabinete con la reja de entrada de aire, el filtro, la serpentina evaporadora, el ventilador de recirculación de aire y la salida de aire, generalmente dotada, con deflectores móviles motorizados.

Una característica de los acondicionadores "Split" es que su operación se realiza por una estación de control inalámbrica (control remoto). Desde esa unidad se pone en marcha y detiene el equipo, se selecciona la temperatura, se elige el modo de trabajo (ventilación – enfriamiento – calefacción – deshumidificación), se regula la velocidad del ventilador, se activa el efecto "sueño" y en algunas marcas anuncia el tipo y el estado de falla.

Para permitir la circulación del fluido refrigerante, los dos módulos deben estar conectados por dos tuberías aisladas. Para la ejecución de esa vinculación es importante el cometido de las válvulas de servicio, las que permiten sellar parte del sistema mientras se conectan manómetros, se carga o descarga refrigerante, se realiza vacío, etc.

Esquema típico una instalación con un acondicionador "Split"



Unidad exterior



Unidad exterior sin gabinete



Unidad interior



Componentes principales de la unidad interior

COMPONENTES PRINCIPALES

Los equipos acondicionadores tienen un conjunto de componentes fundamentales para su funcionamiento, tales como: compresores, serpentinas evaporadoras, serpentinas condensadoras, fluido refrigerante, ventiladores, dispositivos de expansión, válvulas inversoras de ciclo y válvulas de servicio.

COMPRESORES

En el ciclo de refrigeración, el compresor es la máquina que, impulsada por un motor eléctrico, toma el gas con baja presión, que abandona el evaporador, lo comprime, aumentando la presión y la temperatura y lo descarga sobre el condensador. Además, mantiene la circulación del fluido refrigerante mientras esté en funcionamiento.

Según la tecnología o el funcionamiento se fabrican varios tipos de compresores utilizados en aire acondicionado y refrigeración, los más comunes son los siguientes:

Compresores herméticos, son utilizados en instalaciones de baja potencia ya que tienen un menor costo y utilizan un menor espacio dentro de la unidad, este tipo de compresor es enfriado directamente por el propio refrigerante y no requieren de transmisiones entre el motor y el propio compresor. El conjunto está montado dentro de un casco o carcasa de acero soldado, por lo tanto, al no poder acceder al interior de manera fácil, la reparación resulta onerosa. Generalmente este tipo de compresores son sustituidos y no reparados. Son universalmente utilizados en los equipos acondicionadores de baja capacidad. Más adelante se detallan con más amplitud.

Compresores semiherméticos son utilizados en instalaciones de capacidad media, tienen el motor y el compresor montados dentro de un recipiente a presión y accesibles para su reparación. El motor, como en los anteriores, es enfriado por el refrigerante.

Los compresores abiertos utilizados en instalaciones de aire acondicionado son más versátiles y accesibles se utilizan en sistemas de capacidad media y grande, al ser totalmente accesibles su reparación se simplifica. El motor al no estar en contacto con el refrigerante es enfriado en forma convencional.



Característico compresor de un equipo "Split"

SERPENTINAS

Todo equipo acondicionador tiene dos serpentinas, una en la unidad evaporadora y otra en la unidad condensador. Pero ¿qué es una serpentina? Una serpentina es un intercambiador de calor. La pregunta entonces es: ¿qué es un intercambiador de calor?

Un intercambiador de calor es un dispositivo diseñado para transferir calor entre dos fluidos, o entre la superficie de un sólido y un fluido en movimiento. Son elementos fundamentales en los sistemas de calefacción, refrigeración, acondicionamiento de aire, producción de energía y procesamiento químico.

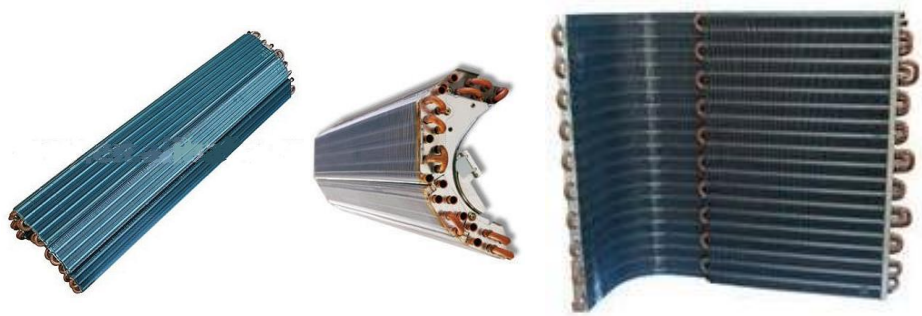


Serpentina construida con tubos aletados



Tubo aletado

Volviendo a las serpentinas, estas son un intercambiador de calor ejecutado con tubos, donde circula un fluido en estado líquido o gaseoso y superficies aletadas en vinculación con el aire. En aplicaciones de aire acondicionado se fabrican dos tipos de serpentinas: con tubos aletados o con tubos y placas. En la mayoría de los equipos autocontenidos para aplicaciones residenciales se usa serpentinas con tubo y placa.



Serpentina de tubo y placas

Serpentina de una unidad interior

Serpentina de una unidad condensadora exterior

Entonces las serpentinas en aplicaciones de aire acondicionado tienen dos superficies de contacto; una es el área del interior de los tubos por donde circula el refrigerante y la otra son las aletas por donde pasa el aire.

Proceso en la serpentina evaporadora

Proceso en la serpentina condensadora

En el caso del evaporador, el aire a enfriar está a una temperatura mayor que la del refrigerante, por lo tanto se transfiere calor desde el mismo al refrigerante, produciéndose el enfriamiento que se desea. El refrigerante hierve debido al calor que recibe del aire en el evaporador. Cuando sale del evaporador está vaporizado por completo.

Cuando se trata de una serpentina de condensado, el refrigerante circula en el interior de los tubos de la serpentina en estado gaseoso y con una temperatura elevada, mientras que por las aletas circula aire a menor temperatura que el refrigerante. Por lo tanto, el calor se transfiere del refrigerante al aire y, como resultado de ello, el fluido refrigerante se condensa pasando a estado líquido.

El fenómeno de deshumidificación se origina cuando, una corriente de aire húmedo (el aire siempre contiene una cantidad de vapor de agua) pasa por una serpentina fría que se encuentra a una temperatura inferior a la del **punto de rocío** del aire. Este proceso se debe a la condensación del vapor de agua contenido en el aire que pasa al estado líquido.

Punto de rocío

Cuando se enfría una mezcla de aire y vapor de agua (aire húmedo), la temperatura a la cual, el vapor de agua contenido en el aire, comienza a condensarse se denomina temperatura de punto de rocío del aire.

DISPOSITIVOS DE EXPANSIÓN

No obstante que, entre los diferentes componentes de un sistema de refrigeración, los dispositivos de expansión son uno de los más difíciles de entender, su función básica es muy simple. Son elementos destinados a controlar el caudal del fluido refrigerante en estado líquido que entra en el evaporador.

Son un obstáculo donde el refrigerante, en estado líquido, pierde presión y mientras circula en forma continua, una parte se evapora tomando calor y enfriando al resto del refrigerante. Aunque hay diversos dispositivos de expansión para múltiples funciones, los fundamentales, para aplicaciones de aire acondicionado, son los siguientes:

- Válvulas de expansión termostáticas
- Tubos capilares
- Válvulas de expansión electrónicas.

Para mostrar el comportamiento de los dispositivos de expansión en la figura siguiente se lo representa como una válvula de regulación, a través de la cual, circula el refrigerante. Para aumentar el caudal de refrigerante la válvula debe abrir y para disminuirlo debe cerrar.

También en la figura se indican temperatura y presiones reales del refrigerante. La finalidad de esos valores es el de ilustrar y explicar un importante término usado en los dispositivos de expansión: “flash gas” ó “gas instantáneo”.

La restricción de la válvula produce la disminución de presión

Considerar que una cantidad de refrigerante R410A en estado líquido, entran en la válvula en condiciones de saturación 38 °C a 295 Lib/pulg² de presión. Al atravesar la restricción que ocasiona la válvula, la presión desciende (a 112 Lib/pulg²) la temperatura del líquido baja a 4 °C. Este fenómeno se produce porque al bajar la presión, una parte del líquido se evapora tomando calor del mismo fluido. Ese líquido evaporado se lo conoce como “flash gas” Esa evaporación rápida tiene lugar en todos los dispositivos de expansión, aunque pueden variar dependiendo del tipo y de la aplicación.

Válvulas de expansión termostáticas

Las válvulas de expansión termostáticas son uno de los dispositivos de expansión más utilizados en sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

Como toda unidad de expansión, genera la caída de presión necesaria entre el condensador y el evaporador. Tiene dos funciones: la de controlar el caudal de refrigerante en estado líquido que ingresa al evaporador y la de sostener un sobrecalentamiento constante a la salida de este. Para realizar este cometido dispone de un bulbo sensor de temperatura que se encarga de cerrar o abrir la válvula para disminuir o aumentar el ingreso de refrigerante y su consecuente evaporación dentro del evaporador.

Tubo capilar



Tubo capilar usado en refrigeración como dispositivo de expansión

Un tubo capilar es un conducto pequeña sección circular que permite la circulación de un fluido. Su nombre se origina por la similitud con el espesor del cabello. Pueden estar hechos de distintos materiales: vidrio, cobre, aleaciones metálicas, etc., en función de su aplicación.

Los tubos capilares tienen uso en los sistemas de refrigeración y son ampliamente empleados en equipos acondicionadores individuales tipo “split” y “multi-split”.

Sus ventajas frente a otros sistemas de expansión son:

- Sencillez
- Fiabilidad: no tiene piezas móviles
- Facilidad de reparación
- No necesita depósito de líquido
- Económico

Como desventaja se debe mencionar que no permiten adaptar el caudal de refrigerante a las variaciones de carga térmica.

Válvulas de expansión electrónicas

Las válvulas de expansión electrónicas, utilizadas fundamentalmente en sistemas de aire acondicionado de flujo de refrigerante variable y en algunos modernos sistemas “Multi Split”

Estas válvulas son operadas por un actuador motorizado, sus características mecánicas son similares a las termostáticas, constan de un cuerpo, un asiento y un medio de cierre y regulación que es un vástago tipo aguja, igual que en las válvulas tradicionales. La diferencia consiste en el movimiento del vástago no se realiza mediante un sistema termal si no por medio de un motor del tipo paso a paso.

Los motores paso a paso, pese a tener una concepción bastante antigua, únicamente han podido emplearse en la práctica a partir del momento en que la tecnología de semiconductores ha permitido el desarrollo de circuitos de actuación y control suficientemente rápidos y adecuados.

Solucionan con relativa sencillez las exigencias de velocidad en determinados movimientos discontinuos, como los que se presentan en las válvulas de expansión gobernadas por dos o más variables.

VÁLVULAS INVERSoras DE CICLO (Válvula de 4 vías)

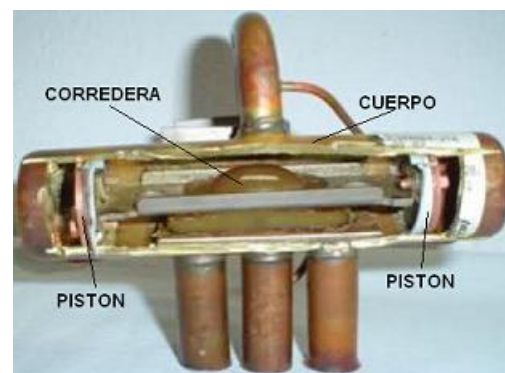
En los equipos de aire acondicionado con bomba de calor, el compresor puede ser el corazón del sistema, pero la válvula de inversión de ciclo es el centro neurálgico.

Se desarrollaron varios tipos de válvulas de inversión de ciclo, pero las del tipo de corredera, operadas por el fluido refrigerante mediante una válvula piloto operada por un solenoide (electro imán) verificaron ser las mejores.

No obstante que hay muchos fabricantes de válvulas del tipo corredera, su construcción básica y el funcionamiento es el mismo.



Válvula inversora de ciclo



Corte de una válvula inversora de ciclo

Las válvulas de cambio de ciclo, también llamadas de 4 vías debido a que tiene cuatro bocas de conexión, se componen de un cilindro que es el cuerpo de la válvula, interiormente hay dos pistones vinculados entres si solidarios a la corredera, que es el elemento que invierte la circulación del fluido refrigerante y una válvula solenoide piloto que provoca el desplazamiento de los pistones.

VÁLVULAS DE SERVICIO

Las válvulas de servicio son una pieza importante en los sistemas separados (Split, Multi Split y VRF). Montadas en la unidad exterior son el punto de conexión con la unidad interior.

Permiten mantener completamente aislada la unidad exterior mientras se efectúan las tareas de montaje. Hay una válvula de dos vías en la línea de líquido y una de tres vías en la línea de gas la que es utilizada para hacer vacío, introducir el volumen de refrigerante adicional o para verificar las presiones del circuito de refrigeración.



Válvulas de servicio.



Válvulas de servicio - 2 y 3 vías

BIBLIOGRAFÍA

ASHRAE HANDBOOK

PRINCIPIOS DE REFRIGERACIÓN Roy Dossat

ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE y REFRIGERACIÓN Carlo Pizzetti

MANUAL DE AIRE ACONDICIONADO y CALEFACCIÓN Néstor Pedro Quadri

CARRIER Fundamentos de la refrigeración y catálogos Técnicos

LG Manuales técnicos

HITACHI – Catálogos técnicos y manual de servicio

HONEYWELL Engineering Manual of Automatic Control

DAIKIN – Catálogos técnicos

DANFOSS Catálogos Técnicos

WEG Catálogos Técnicos

Buenos Procedimientos de Refrigeración - Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente