

Capítulo 1 – Sistemas de enfriamiento y refrigeración básica

EXPERIMENTO 1.1 – INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO Y REFRIGERACIÓN

Nombre	Clase/Período	Fecha

1. Objetivos:

Al final de la sesión de este experimento, usted estará capacitado para:

- Explicar los principios básicos del sistema de refrigeración
- Explicar los diversos componentes de los sistemas, sus funciones y modos de uso
- Explicar los principios y términos termodinámicos básicos
- Realizar los cálculos básicos referentes al sistema de refrigeración
- Explicar la operación básica del sistema de refrigeración
- Operar el sistema de refrigeración en varias condiciones de operación
- Probar las funciones de los componentes del sistema
- Tomar medidas del sistema de refrigeración

2. Equipo requerido:

- Unidad de plataforma principal
- Panel de refrigeración industrial

3. Discusión: Principios básicos de la refrigeración

Como regla, la tarea principal del sistema de aire acondicionado es; quitar calor del aire dentro de un lugar cerrado y descargar el calor afuera.

Los dos principios fundamentales para la operación del sistema de aire acondicionado son:

- Los líquidos absorben calor, cuando se transforman de líquido a gas.
- Los gases emiten calor, cuando se transforman de gas a líquido.

Por ejemplo, el agua absorbe calor de la llama cuando hierve y cambia a gas o vapor. Cuando el gas se condensa en líquido, irradia calor.

En el sistema de aire acondicionado, un refrigerante líquido absorbe calor del aire, cuando cambia a Gas.

La temperatura se mantiene fría por el calor que se quita del aire, más rápidamente de lo que se calienta por el Sol.

En un sistema de aire acondicionado, el calor se debe quitar del área que se debe enfriar, a un grado tal que sea confortable a los ocupantes. Este calor se expulsa luego al aire exterior. Esto se hace usando el movimiento natural del calor.

El refrigerante es una sustancia líquida, que fluye dentro del sistema de aire acondicionado. Absorbe calor del área que se enfría, y lo emite a la atmósfera. El refrigerante en su estado líquido y bajo la condición de presión y temperatura bajas entra en un **Evaporador** y absorbe calor, mientras cambia su estado a Gas.

Debido al proceso de compresión, la presión del refrigerante y por lo tanto su temperatura aumentan.

El refrigerante en estado Gaseoso (alta presión y alta temperatura) fluye a un **Condensador**, en el cual se expande y emite calor mientras cambia nuevamente a estado líquido. Después del proceso de expansión el refrigerante retorna al **Evaporador** en estado líquido (baja presión y baja temperatura) para absorber calor otra vez y así sucesivamente.

4. El Ciclo básico de refrigeración

Para un funcionamiento económico, el refrigerante se debe utilizar repetidamente. Por esta razón, todos los acondicionadores de aire se basan en el mismo ciclo de funcionamiento, en un circuito cerrado, que se divide en cuatro etapas:

- Compresión
- Condensación
- Expansión
- Evaporación

Esas cuatro etapas se dividen a su vez en dos partes:

- Lado de alta
- Lado de baja

Esto se refiere a las presiones del refrigerante en cada lado del sistema.

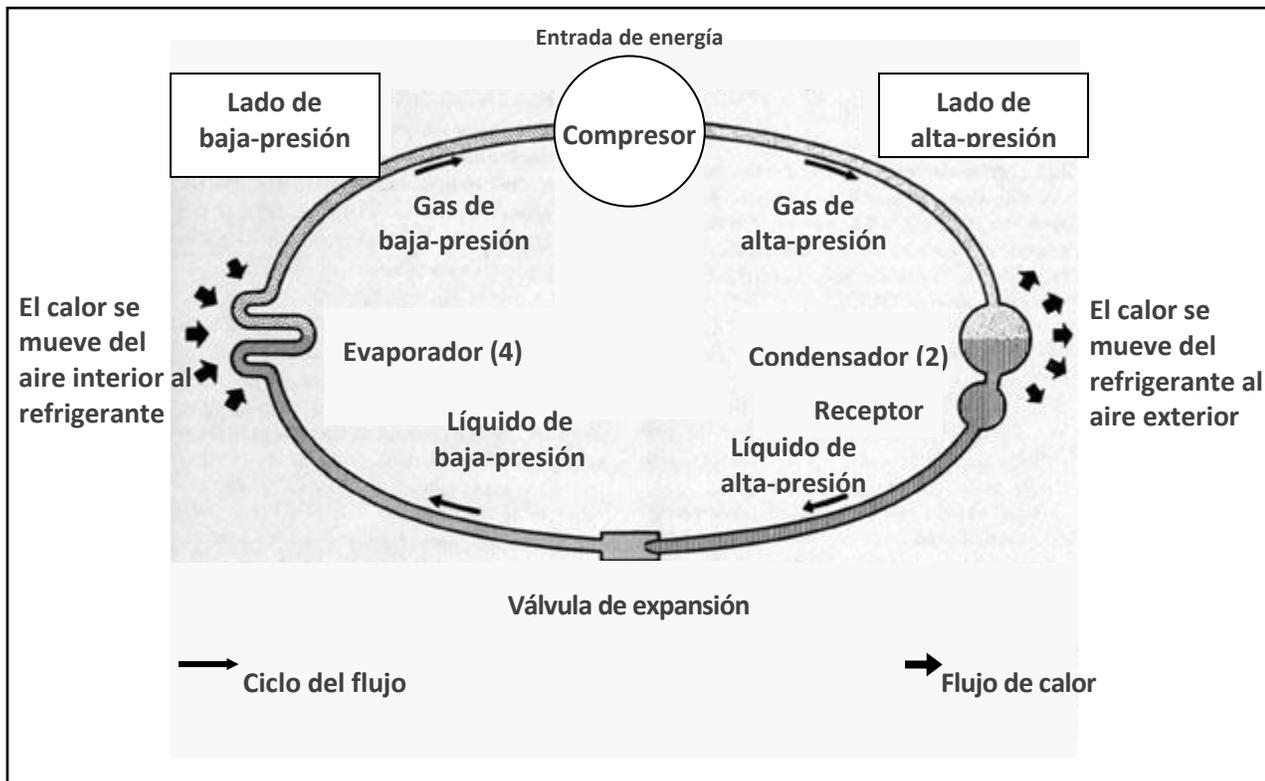


Figura 1-1 Ciclo de Refrigeración Completo de Cuatro-etapas

Para entender el ciclo refrigerante básico, comencemos en el **Compresor (1)**. El refrigerante, que entra, en el compresor como gas de baja presión, se comprime y sale del compresor como gas de alta presión y de alta temperatura.

En la segunda etapa, el gas fluye al **Condensador (2)**. Aquí el gas se condensa en líquido, emitiendo su calor al aire exterior.

El líquido luego fluye bajo alta presión, a la **Válvula de Expansión (3)**. Esta válvula restringe el flujo del líquido, bajando así su presión, mientras sale de la válvula de expansión.

El líquido de baja presión se mueve luego al **Evaporador (4)**, donde el calor del aire interior es absorbido por el líquido que cambia su estado de líquido a gas.

Como un gas de baja presión caliente, el refrigerante se mueve de nuevo al **compresor** (1) donde se repite el ciclo entero.

5. Operación básica del sistema

Como se explicó, todo sistema de aire acondicionado debe tener cuatro elementos básicos:

- Compresor
- Condensador
- Válvula de expansión u Orificio de restricción
- Evaporador
- Tuberías y conexiones

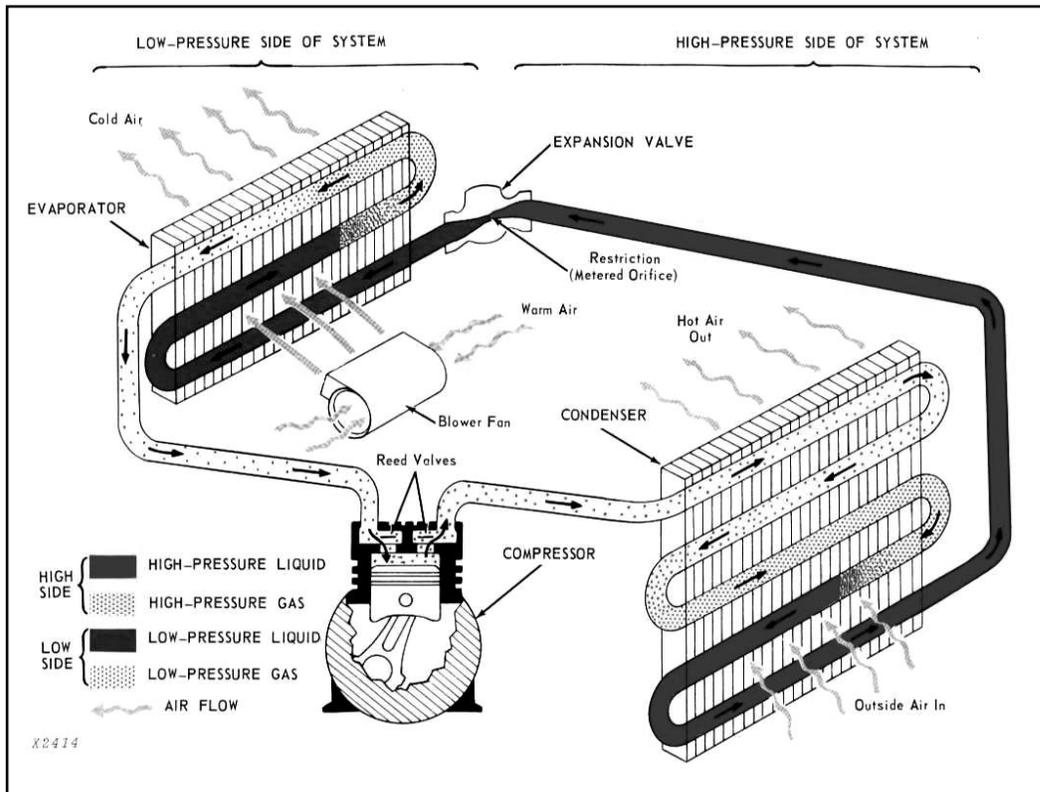


Figura 1-2

Estos componentes determinan la temperatura, la presión y la salida de refrigerante en cada parte del circuito.

Además, el sistema está equipado con accesorios y controles, que lo ayudan a funcionar eficientemente y que protegen a los componentes principales de diversos problemas. Esos componentes son los siguientes:

- Secador de aire (Acumulador)
- Visor de vidrio (“Ojo”)
- Válvulas de corte de presión
- Corte de temperatura
- Soplador eléctrico
- Ventilador eléctrico

El gas de alta presión se envía desde el **Compresor** al **Condensador**, donde se disipa el calor y el gas se condensa en líquido.

El líquido de alta presión fluye a la **Válvula de expansión**, donde se mide y su presión se reduce. En el **Evaporador**, el líquido absorbe calor del aire y se evapora a gas. El ciclo luego se repite, comenzando en el compresor.

6. Composición del sistema principal

6.1 El compresor

El propósito del compresor es:

- Circular el refrigerante en el circuito.
- Comprimir el refrigerante que sale del Evaporador y así elevar su temperatura para crear una diferencia de temperatura que permita la transferencia de calor desde el área refrigerada, hacia el exterior.

La acumulación de presión en el sistema se puede lograr solamente teniendo una restricción en el lado de alta presión del sistema. Esto es una válvula pequeña situada en la válvula de Expansión. Este orificio medido sirve para ese propósito en el sistema.

Un compresor típico en el sistema de refrigeración se muestra en la figura siguiente:



Figura 1-3 Compresor hermético

6.2 El condensador

El propósito del condensador es recibir el gas de alta presión y alta temperatura del Compresor y convertir este gas en líquido, mientras emite calor al medio ambiente.

El condensador consiste de tuberías, hechas generalmente de cobre y aletas de refrigeración hechas generalmente de aluminio.

El refrigerante en estado de gas atraviesa las tuberías del condensador, mientras que el aire es forzado (por el movimiento del ventilador) alrededor de las aletas.

Condensador típico en el sistema de aire acondicionado:

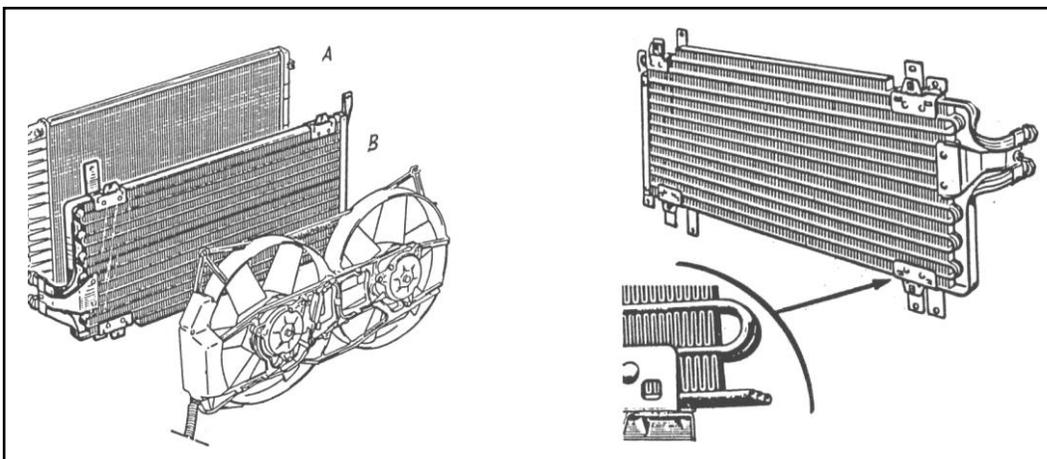


Figura 1-4

6.3 La válvula de expansión

La válvula de expansión cumple una triple función en el circuito de refrigeración:

- Libera la presión del refrigerante que está en estado líquido, en su camino al evaporador. Eso permite su expansión mientras que reduce su temperatura al valor más bajo en el circuito de refrigeración, a un grado que permite el intercambio eficiente de temperatura con el aire en el área refrigerada.
- Determina la intensidad del flujo refrigerante a través del circuito de refrigeración, de acuerdo con el requerimiento momentáneo de enfriamiento en el área refrigerada.
- Permite al compresor lograr su acción de compresión restringiendo el flujo refrigerante.

Mientras el aire-frío pasa al área refrigerada, se requiere reducir la salida de refrigeración del Evaporador, de no ser así, ocasionará la formación de hielo en las tuberías del Evaporador, previniendo el funcionamiento eficiente del sistema de aire acondicionado. La reducción de la salida de refrigeración en este caso se hace por medio de la válvula de expansión. Debido a su función, controla el caudal del refrigerante a través del evaporador, afectando así la salida del sistema de aire acondicionado.

En los sistemas de aire acondicionado, hay dos tipos principales de válvula de expansión:

- 1) Válvula de expansión termostática.
- 2) Tubo capilar (de orificio).

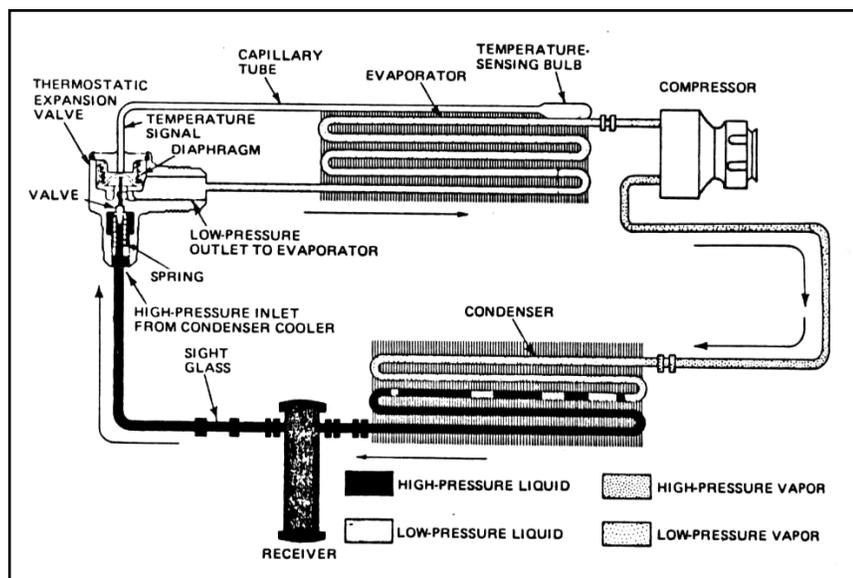


Figura 1-5

Circuito de refrigeración con válvula de expansión:

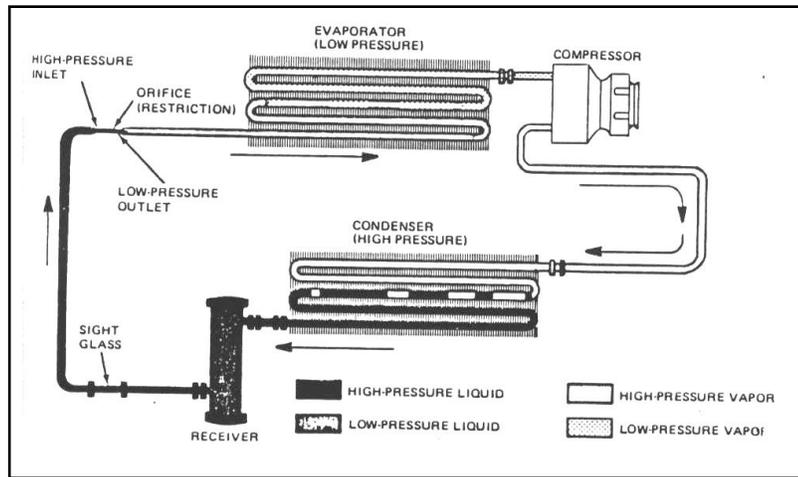


Figura 1-6 Circuito de refrigeración con un Tubo Orificio

El líquido refrigerante llega a la válvula de expansión mientras está muy caliente y bajo alta presión. El refrigerante, que sale del otro lado de la válvula de expansión, estará, a la temperatura más baja que existe en el circuito de refrigeración.

Durante el proceso de expansión, el refrigerante comienza a evaporarse. Es decir, cuando el refrigerante entra al evaporador, lo hace ya parcialmente en estado gaseoso.

Nota:

El tamaño de la válvula de expansión es determinado normalmente por el diámetro del Orificio. El tamaño del Orificio determina el funcionamiento del sistema. Por lo tanto, es muy importante elegir el orificio adecuado para los requerimientos del sistema.

6.4 Tubo capilar (de orificio)

El tubo capilar se utiliza como un componente de "expansión" en el sistema de refrigeración. Su diámetro y longitud se determinan según el tamaño de sistema.

Contrariamente a la válvula de expansión en la cual el tamaño del tubo capilar se puede ajustar, el tubo capilar no es ajustable. Como la válvula de expansión, está situado en la entrada del evaporador. El caudal del refrigerante a través de él se determina solamente por las diferencias de presión entre el lado de alta presión y el lado de baja presión en el circuito de refrigeración. El tubo capilar no se puede reparar y se debe substituir cuando está defectuoso.

El propósito de la expansión y del tubo capilar es levantar la presión en el lado de la compresión y bajar la presión del gas de la presión de compresión a la presión de succión.

6.5 El evaporador

La función del Evaporador es contraria a la función del Condensador. En el evaporador, el refrigerante se convierte en gas a baja presión, mientras que absorbe calor. La refrigeración es hecha por el soplador del evaporador, que aspira el aire del área refrigerada y lo sopla a través de las aletas del evaporador. Cuando el aire ha pasado a través de las aletas del evaporador y ha cedido su calor, retorna al área refrigerada mucho más frío y seco.

Mientras el refrigerante se evapora, el vapor retorna al lado de succión del compresor a través de la línea de succión.

Evaporador típico en el sistema de refrigeración:



Figura 1-7 Evaporador típico

6.6 El ventilador

El propósito del ventilador es mover el aire a través del evaporador o del condensador. El intercambio de calor depende de la diferencia de temperatura entre el aire y el refrigerante. Cuanto mayor es la diferencia, mayor será la cantidad de calor que se intercambia entre el aire y el refrigerante.

Cuando el ventilador funciona en su más alta velocidad, entrega su máximo volumen de aire a través de las aletas y serpentines para una evaporación rápida. Como el área es enfriada, pronto alcanzará una temperatura, a la cual se producirá un pequeño enfriamiento adicional, si es que se le permite al ventilador continuar en su flujo de gran volumen. Una reducción en la velocidad

del ventilador disminuirá el volumen del flujo de aire, pero el índice de volumen más bajo permitirá que el aire permanezca en contacto con las aletas y los serpentines por un período de tiempo más largo y entregue su calor al refrigerante.

Ventilador típico del evaporador en el sistema de refrigeración:



Figura 1-8

Nota:

Para obtener la temperatura del aire más fría desde el evaporador, opere el ventilador a su velocidad más baja posible, para permitir una mayor absorción de calor desde el aire por el refrigerante.

6.7 El secador-receptor

Los sistemas de aire acondicionado normalmente no funcionan de manera continua, sino según la necesidad de aire acondicionado requerido en el área a refrigerar. Con el tiempo, el sistema de sello se seca y esto origina la penetración de la humedad del ambiente.

La humedad se acumulará en el evaporador y se convertirá en hielo a bajas temperaturas de funcionamiento. El hielo restringirá el flujo del refrigerante y disminuirá la acción de refrigeración.

El sistema de aire acondicionado es sellado pero la humedad puede penetrar en el llenado del refrigerante o en el proceso de servicio.



Secador-Receptor

Figura 1-9

Además, la demanda de la salida refrigerante no es constante y varía según la carga térmica y la temperatura ambiente. La cantidad adicional de refrigerante que no toma parte en el proceso de refrigeración se debe almacenar para prevenir un exceso de líquido en el sistema.

Para compensar esas variables, el sistema está equipado con un pequeño tanque receptor. Aquí se almacena una cantidad adicional de refrigerante (alrededor de 0.5 litros) hasta que sea necesario al sistema.

Para la absorción de la humedad el tanque Receptor-Secador se equipa con un elemento desecante o deshidratador, que se sella en él durante el proceso de fabricación. Además, el Receptor-Secador se equipa con un visor que permite comprobar la condición del refrigerante.

6.8 El refrigerante

El término refrigerante se refiere al líquido usado en un sistema de refrigeración para producir “frío” por el calor que se quita del aire. El refrigerante que fue utilizado por la industria del automóvil hasta **1994** fue el refrigerante **R12**.

Esta clase de refrigerante fue elegido porque era el líquido más seguro disponible que se mantiene estable en altas y bajas temperaturas y aún emite o absorbe grandes cantidades de calor. No es tóxico, no es inflamable y no daña componentes de plástico o de metal.

Con los años, se descubrió que el refrigerante **R12** es muy dañino para el ambiente y en particular para la capa de Ozono. Por lo tanto, el refrigerante **R12** fue prohibido por ley y los sistemas de refrigeración fueron convertidos para funcionar con un refrigerante amigable al medio ambiente, el **R134a**.

Por esta razón, también el entrenador **UNIDAD DE PLATAFORMA PRINCIPAL “Sistema de Refrigeración y Aire Acondicionado”** está funcionando con el refrigerante **R134a** y **NUNCA** debe ser relleno con refrigerante **R12** o similar.

7. Principios y términos termodinámicos básicos

Nota:

El contenido de este capítulo sirve solamente como referencia y como complemento para el tema dado. La información detallada sobre los principios y los términos termodinámicos se debe tomar de un libro de textos apropiado sobre este tema.

Trabajo: El trabajo se puede describir como la aplicación de una fuerza para vencer cierta resistencia a lo largo de cierta distancia. El trabajo invertido se calcula multiplicando la fuerza aplicada (Kg.) por la distancia (m).

Energía: La energía se puede describir como la capacidad de un cuerpo para realizar un trabajo. La característica principal de la energía es su capacidad de cambiar formas, tales como:

- Energía térmica
- Energía luminosa
- Energía mecánica
- Energía eléctrica
- Energía química
- Energía nuclear

Para los sistemas de refrigeración y aire acondicionado, estamos interesados en las siguientes formas de Energía:

Energía térmica, que se ocupa de los procesos térmicos, que ocurren en el área de los circuitos de refrigeración y aire acondicionado. La energía térmica se mide generalmente con unidades de Kcal. (1 Kcal. = Energía Térmica necesaria para elevar la temperatura de 1 kilogramo de agua en 1°C).

Energía mecánica, que se ocupa de las presiones, que ocurren en el circuito de refrigeración y de la energía necesaria para hacer operar el compresor de A/A. La energía mecánica se mide generalmente en kilovatios (kW) o en unidades de HP (1 HP=746 W=0.746KW).

Energía eléctrica, la cual se ocupa de los sistemas eléctricos y electrónicos en el vehículo. La energía eléctrica se mide generalmente en kilovatios (kW).

Presión: La presión es una forma de Energía Mecánica, que se desarrolla cuando un Fluido o un Gas aplican una fuerza en una tubería o en la pared de un depósito. Las unidades generalmente usadas para medir la presión son los (bars). 1 bar = 0.987 Atmósferas (una fuerza de 1Kg. aplicada sobre un área de 1 cm²).

Temperatura: La temperatura se puede definir como la energía térmica de cierto cuerpo. Se han determinado dos puntos de referencia para las mediciones de la temperatura:

- La energía térmica del agua en su punto de congelación.
- La energía térmica del agua en su punto de ebullición.

Para las mediciones de temperatura, utilizamos generalmente dos sistemas:

- 1) El sistema anglosajón medido en la escala Fahrenheit ($^{\circ}$ F).
- 2) El sistema métrico medido en la escala Celsius ($^{\circ}$ C).

Nota:

Para los cálculos en este capítulo utilizaremos solamente el sistema métrico. Punto de congelación del agua = 0° C, punto de ebullición del agua = 100° C.

Calor Latente: Origina cambios en el estado de concentración de cierta sustancia, sin cambiar la temperatura dada de la sustancia. Cada sustancia puede cambiar su estado de concentración de un estado Sólido a un estado líquido o de un estado líquido a un estado de Gas y viceversa.

Esos procedimientos se realizan sin ningún cambio en la temperatura de la sustancia, pero están acompañados por la emisión o absorción de Calor Latente.

Este fenómeno de absorción de calor en la evaporación y de emisión de calor en la condensación mientras tiene una temperatura constante debido al Calor Latente permite el ciclo de refrigeración.

Entalpía: La entalpía es una figura, que indica la cantidad de energía preservada en una sustancia dada (energía interna potencial en forma de calor + energía interna potencial en forma de presión).

La figura de la Entalpía se determina por la temperatura y la presión en las que la sustancia existe.

Entalpía específica: Es una figura que indica la cantidad de energía preservada en una unidad de peso de una sustancia dada.

La Entalpía específica se determina de la siguiente manera:

$$h = C_p \cdot (T - T_r)$$

Donde:

H - Entalpía

C_p - Calor específico

T - Temperatura de la sustancia (absoluta)

T_r - Temperatura relacionada (absoluta)

Entropía: La entropía es la cantidad de energía preservada en la sustancia en un cierto estado de forma, para una Temperatura absoluta dada T (medida en grados Kelvin).

La Entropía se determina como sigue:

$$S = \frac{h}{T}$$

Cuando:

S - Entropía

h - Entalpía

T - Temperatura de la sustancia (absoluta)

Carga térmica: La carga térmica de un sistema de Aire Acondicionado es la cantidad de Calor que el sistema tiene que quitar del aire del área acondicionada. Éste es uno de los parámetros principales que se toman en consideración mientras se diseñan los sistemas de Aire Acondicionado y sus componentes.

8. Coeficiente de operación (COP)

El coeficiente de operación de un sistema de refrigeración se describe como la relación entre el frío descargado a la salida (frío producido) y la energía necesaria (energía consumida) para accionar el compresor en el proceso de compresión (o potencia de entrada).

Las relaciones matemáticas son las siguientes:

$$\text{COP} = \frac{\text{Frío descargado a la salida [kW]}}{\text{Energía de entrada [kW]}}$$

9. Diagrama p-h

El diagrama p-h da la presión del refrigerante como una función de su Entalpía.

El diagrama da además parámetros adicionales tales como: la temperatura del Refrigerante, su Entropía y su forma de estado.

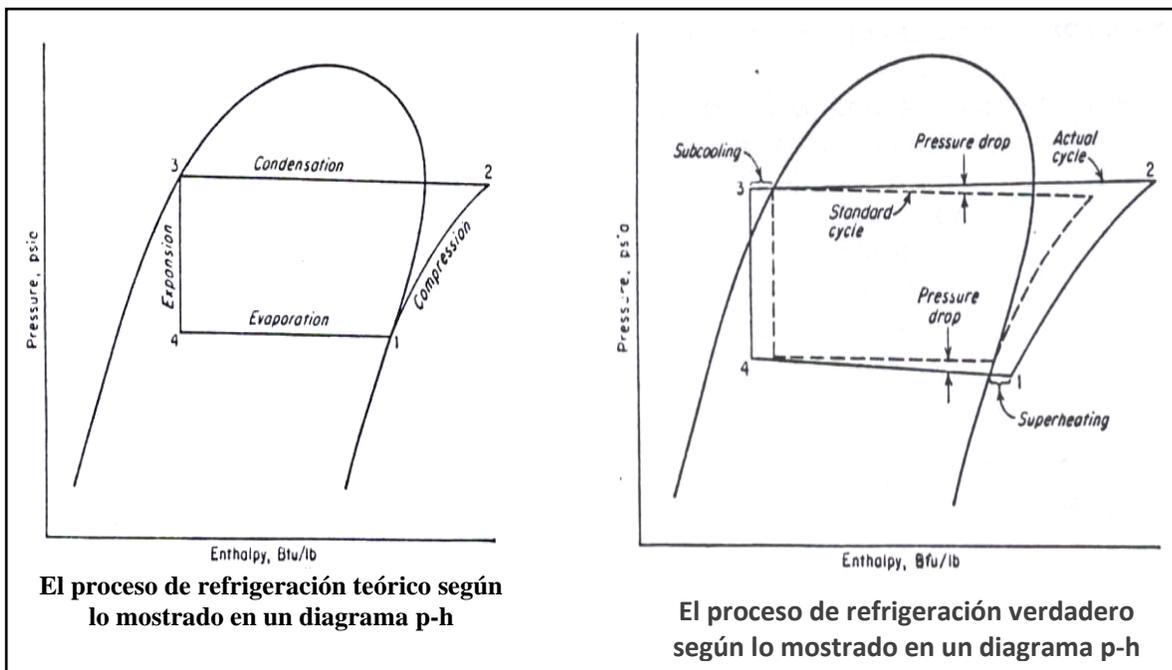


Figura 1-10

El proceso real de un ciclo de refrigeración se describe en la figura derecha, como aparece en un diagrama p-h. Hay pérdidas de presión tanto en el condensador como en el evaporador, que causan una cierta caída de la temperatura del refrigerante, mientras este fluye entre ellos, aunque la transferencia de calor se realiza sin cambiar la temperatura del refrigerante. Además, ocurre un proceso de sobre enfriamiento en el condensador al final del proceso de condensación y un proceso de sobre calentamiento en el evaporador al final del proceso de evaporación.

10. Estructura y operación del sistema

Tal como fue explicado, y como podemos ver en el sistema de refrigeración básica, todo sistema de refrigeración debe tener cuatro elementos básicos:

1. Un compresor
2. Un condensador con un ventilador
3. Un elemento de orificio tal como una Válvula de Expansión Termostática (TEV) o tubo capilar
4. Un evaporador con un ventilador

Esos componentes determinan la temperatura, la presión y la salida de refrigerante en cada parte del circuito.

El sistema de enfriamiento profesional está compuesto por una UNIDAD DE PLATAFORMA PRINCIPAL y un PANEL DE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL como se describe en el siguiente circuito.

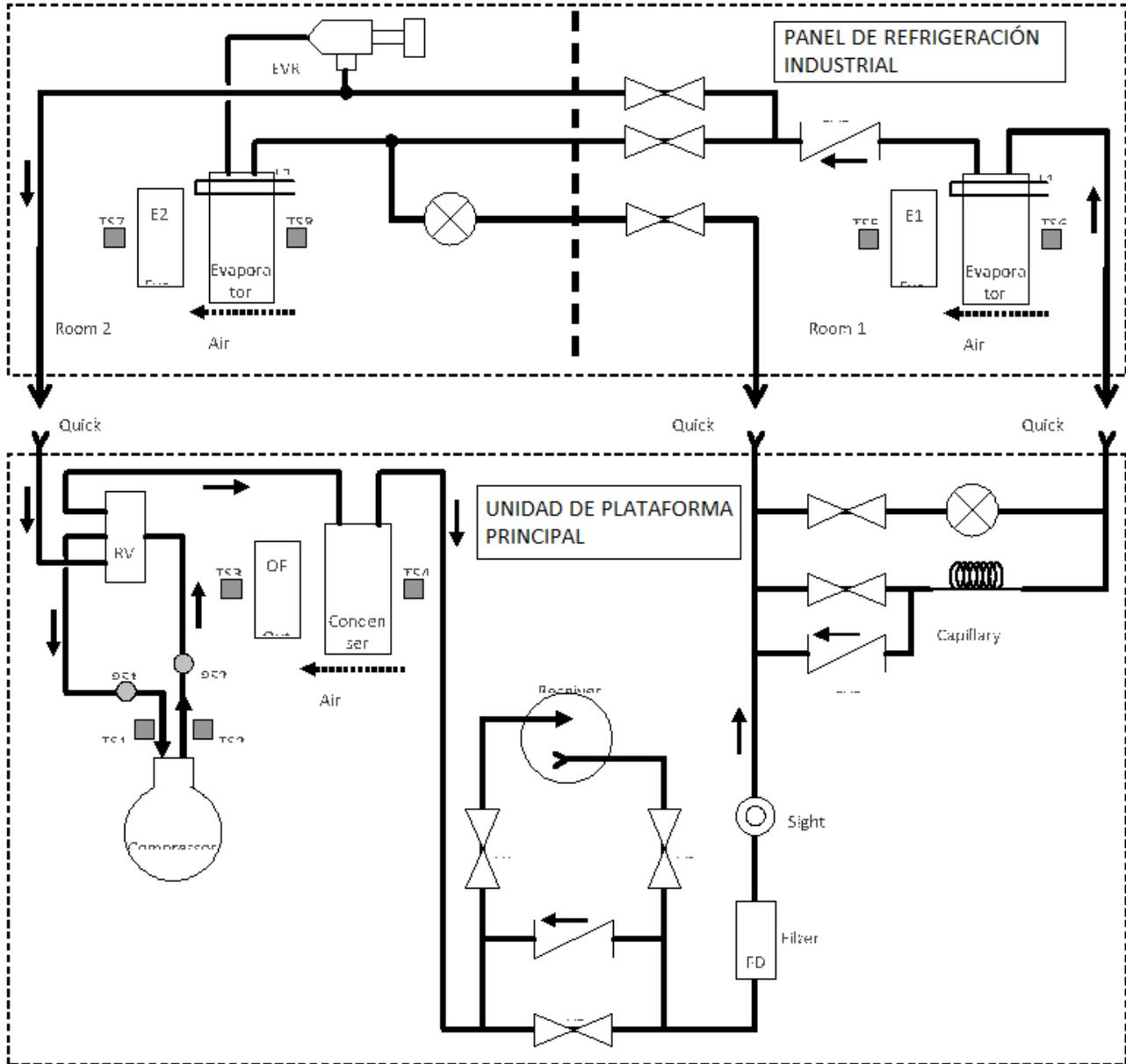


Figura 1-11

Además, el sistema se equipa con los accesorios y los controles, que ayudan al sistema a funcionar eficientemente y protege a los componentes principales contra varios problemas. Tales como los siguientes:

- Receptor-Secador – Un envase que contiene un desecante para quitar la humedad y se utiliza para almacenar y filtrar el líquido refrigerante. El receptor-secador está situado en la línea líquida entre la salida del condensador y la entrada de la válvula de expansión.
- El visor de vidrio ("Ojo") situado en la línea líquida. Esta unidad comprueba si el nivel del líquido refrigerante es satisfactorio. Las burbujas señalan generalmente falta de líquido refrigerante en el sistema.
- Receptor - Un envase para almacenar el gas.

La UNIDAD DE PLATAFORMA PRINCIPAL tiene dos modos de operación: el modo TEV y el modo Capilar. En el sistema se instalan válvulas para permitir estos dos modos de funcionamiento.

Estas válvulas dirigen el refrigerante según el circuito de refrigeración requerido. Las válvulas son operadas por el monitor del sistema.

El sistema de refrigeración básico se compone de la UNIDAD DE PLATAFORMA PRINCIPAL (sistema general de refrigeración y aire acondicionado) y del PANEL DE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL (panel básico de refrigeración).

Debido a que la UNIDAD DE PLATAFORMA PRINCIPAL también está dirigida para el aire acondicionado, incluye una válvula de 4-vías (la RV). Esta válvula permite cambiar el sistema de un sistema de enfriamiento a un sistema de calefacción.

En el sistema de refrigeración, la etapa RV está siempre en su posición normal, es decir, como parte de un sistema de enfriamiento solamente. El compresor aspira el gas del evaporador y lo comprime al condensador.

El sistema también incluye sensores de temperatura (TS1-TS6), y sensores de presión (PS1 y PS2).

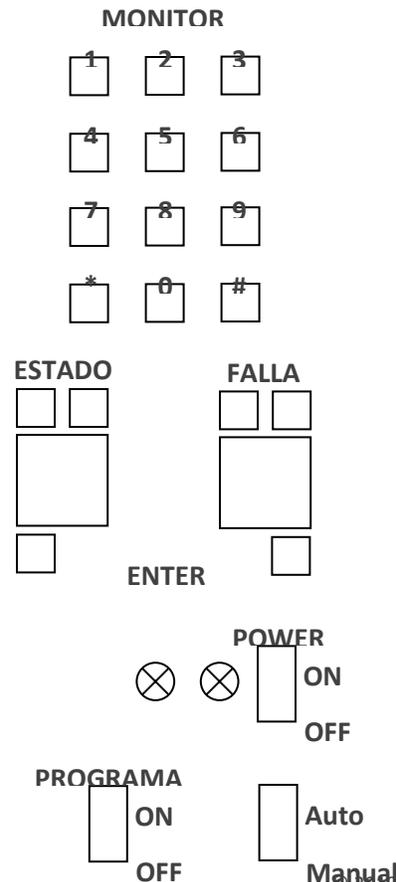
El evaporador incluye un calentador que actúa como una carga térmica o como un dispositivo de descongelamiento.

El sistema es operado por el controlador del monitor con la ayuda de los interruptores, las teclas y la pantalla LCD como se muestra a continuación:



Descripción de la falla

- Presión de succión muy baja
- Alta temperatura del cuarto
- Presión de descarga muy alta
- Hielo en el evaporador
- Presión de succión y descarga son iguales
- Temperatura del cuarto no está suficiente fría
- El sistema no trabaja
- El Aire acondicionado enfría en vez de calentar



11. Procedimiento:

Paso 1: Compruebe que el PANEL DE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL está instalado correctamente en la UNIDAD DE PLATAFORMA PRINCIPAL de refrigeración y aire acondicionado, de acuerdo a las instrucciones descritas en el prefacio del libro.

Paso 2: Compruebe que los interruptores MONITOR y PROGRAMA de la UNIDAD DE PLATAFORMA PRINCIPAL están en la posición OFF.

Un relé de fuga a tierra, un interruptor semiautomático, y un interruptor de alimentación principal están instalados en una caja de alimentación principal situada en la parte posterior del panel.

Paso 3: Conecte el cable de la fuente de alimentación de la UNIDAD DE PLATAFORMA PRINCIPAL a la red.

Paso 4: Compruebe que el relé de fuga a tierra de alto voltaje y el interruptor semiautomático estén conectados.

Paso 5: Fije el interruptor Auto/Manual (ubicado en la parte inferior izquierda del simulador) en la posición Manual.

Paso 6: Conecte el interruptor principal de energía ubicado en la caja eléctrica de interruptor ubicada en la parte posterior del panel.

Paso 7: Conecte el interruptor de alimentación (POWER) del monitor.

Paso 8: La pantalla FAULT/Falla debe exhibir el número 00. Si no es así, use las teclas encima de la pantalla FAULT para exhibir el número 00 (condición sin falla) en la pantalla FAULT de 7-Segmentos y presione la tecla ENTER debajo de esta pantalla.

Paso 9: La pantalla STATE/Estado debe exhibir el número 00 (ningún programa en funcionamiento).

Los dispositivos de refrigeración (con el PANEL DE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL) son los siguientes:

No.	Símbolo	Descripción
1.	V1	Válvula de entrada al receptor (para el modo TEV)
2.	V2	Válvula de salida del receptor (para el modo TEV)
3.	V3	Válvula puente del receptor (para el modo capilar)
4.	V4	Transfiere gas a la unidad capilar
5.	V5	Transfiere gas a la unidad TEV
6.	V8	Transfiere gas del evaporador al compresor
7.	CM	Compresor
8.	OF	Ventilador de salida (el ventilador base del condensador)
9.	E1	Ventilador del Evaporador (ventilador del evaporador panel)
10.	L1	Carga térmica del evaporador

Estos componentes son controlados por el controlador del sistema.

Paso 10: En la pantalla LCD usted debe encontrar la tabla siguiente:

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	CM	OF

Modo TEV:

Las TEV (Válvulas Termostáticas de Expansión) se utilizan para calibrar el flujo del líquido refrigerante que entra en el evaporador en una relación equivalente a la

cantidad de refrigerante que es evaporado en el evaporador. La válvula proporciona una caída de presión en el sistema, separando el lado de alta presión del sistema del lado de baja presión del sistema, permitiendo que el refrigerante de baja presión absorba calor sobre sí mismo.

Use las teclas que están sobre la pantalla de ESTADO para exhibir el número 11 (Programa de Experimento de Refrigeración Básica con TEV) en la pantalla ESTADO de 7-segmentos y presione la tecla ENTER debajo de esta pantalla.

En este programa de funcionamiento el sistema de refrigeración funciona en el modo TEV.

Paso 11: Cambiar el número de ESTADO no comienza el programa de funcionamiento (incluso después de presionar la tecla ENTER).

El número de ESTADO después de presionar la tecla ENTER exhibe solamente el estado y el programa de funcionamiento requerido.

Paso 12: Baje y suba el interruptor PROGRAM.

Debe aparecer el 'Programa 11' en la pantalla LCD.

Los estados del modo TEV son 11-16.

Nota:

Usted puede moverse de un estado TEV a otro sin bajar ni levantar el interruptor del PROGRAMA. Si usted baja y levanta el interruptor del PROGRAMA, el sistema actúa como dispositivo de relajación por seguridad.

Los programas de la TEV son:

Estado 11 - Operación de la TEV con pantalla en °C.

Estado 12 - Operación de la TEV con pantalla en °F.

Estado 13 - Operación de la TEV con pantalla gráfica.

Estado 14 - Operación de la TEV con pantalla en °C y carga térmica.

Estado 15 - Operación de la TEV con pantalla en °F y carga térmica.

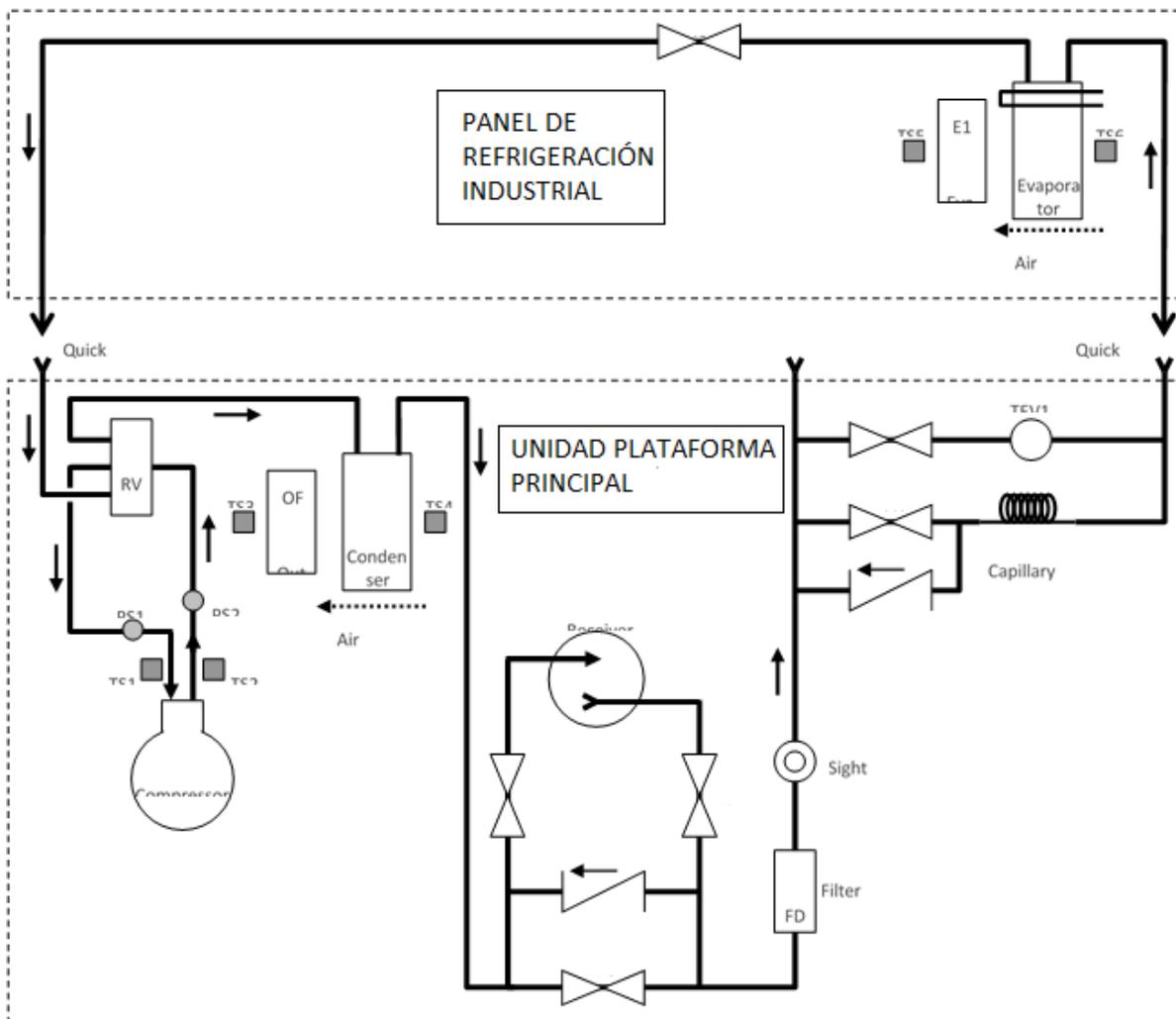
Estado 16 - Operación de la TEV con pantalla gráfica y carga térmica.

Paso 13: En la pantalla LCD usted debe encontrar la tabla siguiente:

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	CM	OF
ON	ON			ON			ON	ON	ON

Si aparece "on" (en minúsculas) en las columnas CM y OF, significa que el compresor está en un estado de retraso de 3 minutos antes que comience a trabajar. Este retardo protege el compresor.

Paso 14: Copie el circuito siguiente en su cuaderno y marque el recorrido del refrigerante.



Paso 15: La pantalla LCD también exhibe las temperaturas y presiones del sistema como sigue:

- LP - Presión Baja (la presión de succión medida por PS1)
- HP - Presión Alta (la presión de compresión medida por PS2)
- T1 - Temperatura de entrada al compresor (medida por TS1)
- T2 - Temperatura de salida del compresor (medida por TS2)
- T3 - Temperatura del aire de entrada al condensador (medida por TS3)
- T4 - Temperatura del aire de salida del condensador (medida por TS4)
- T5 - Temperatura del aire de salida del evaporador (medida por TS5)
- T6 - Temperatura del aire de entrada al evaporador (temperatura de la cámara de enfriamiento medida por TS6)
- T7 - No relevante
- T8 - No relevante

Los valores se exhiben en una tabla como la siguiente:

LP	HP	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8

Identifique los sensores en el dibujo y en el sistema.

Paso 16: Otra tabla que aparece en la pantalla LCD es la de los parámetros de control:

- S1 - Ajuste de la temperatura del cuarto
- D1 - Diferencia de temperatura del cuarto

S1	D1	S2	D2	SP	PD	E1	L1	E2	L2
20°C	5°C					LO			

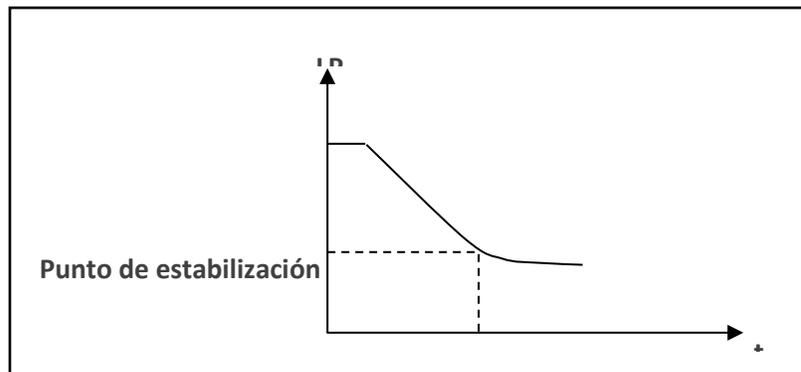
La temperatura de ajuste es la temperatura requerida. Cuando la temperatura de la cámara de enfriamiento está por debajo de esta temperatura, el sistema de refrigeración debe parar el enfriamiento y esto se hace parando el compresor.

El compresor se conecta cuando la temperatura de la cámara fría llega a $S1 + D1$. $D1$ se determina para evitar que el sistema oscile.

Hay una relación lineal entre la temperatura y la presión. Esta es la razón por la cual podemos controlar la temperatura de la cámara fría según la baja presión o la alta presión del sistema. Este tema será descrito más adelante.

Identifique los valores prefijados (por defecto) de $S1$ y de $D1$ del sistema.

Paso 17: Inmediatamente después del funcionamiento de la refrigeración, la presión de succión debe ser alta y va descendiendo conforme el sistema se va enfriando según el gráfico siguiente.



En el punto de estabilización la presión de succión (LP) es casi inalterable.

El punto de estabilización, que es el punto de operación, es el punto donde las presiones en el sistema son las correctas para refrescarse y son apropiadas para los dispositivos del sistema, el refrigerante, la velocidad del ventilador y el ambiente.

El sistema incluye un visor de vidrio ("ojo") que permite la observación del refrigerante.

El refrigerante en ese punto debe ser líquido sin burbujas.

Si hay burbujas después de un período largo de operación, ello indica que el sistema de refrigeración tiene una falla.

Observe el visor de vidrio y compruebe que no hay burbujas.

En el punto de estabilización no debe haber burbujas en absoluto.

Paso 18: Cambie el número de STATE a 12 y presione ENTER.

Este estado no cambia el funcionamiento del sistema; solo cambia la exhibición de °C a °F.

Observe eso.

Paso 19: Cuando la LP esté estable en el punto estabilizado, registre los valores de la temperatura y de la presión del punto de estabilización en la tabla en el paso 44.

La temperatura de la cámara de enfriamiento debe continuar bajando.

Paso 20: Cambie el número de ESTADO a 13 y presione ENTER.

Este estado no cambia la operación de sistema; cambia solamente la exhibición a la representación gráfica.

El monitor muestrea y exhibe la LP y la T6 cada 2 segundos y los exhibe gráficamente en la pantalla.

Observe eso.

Paso 21: La temperatura T6 de la cámara disminuye mientras el sistema se está enfriando (trabaja el compresor).

En los estados 11-16 del experimento el control de la refrigeración se realiza de acuerdo a la temperatura.

El compresor debe desconectarse cuando la temperatura de la cámara está por debajo de S1 y debe conectarse cuando la temperatura de la cámara está por encima de S1+ D1.

El valor prefijado de S1 es 20°C (68°F) y el valor prefijado de D1 es 5°C (9°F).

Compruebe eso.

Paso 22: Vea qué sucede cuando la temperatura de la cámara de enfriamiento llega al punto S1.

- Paso 23: Espere hasta que el compresor se conecte nuevamente.
- Paso 24: La velocidad del evaporador puede cambiarse con la tecla '*'.
Presione la tecla '*' y compruebe que el ventilador del (E1) cambia a HI.
- Paso 25: Espere hasta que el sistema alcance el punto estabilizado.
Registre los valores de estabilización.
- Paso 26: Presione la tecla '*' nuevamente y compruebe que E1 cambió a 'LO'.
- Paso 27: Cambie el número de ESTADO a 16 y presione ENTER.
Este estado opera la carga térmica al evaporador.
La presión de succión debe aumentar lentamente.
- Paso 28: Espere hasta que el sistema esté estable.
Identifique el nuevo punto de estabilización.
- Paso 29: Cambie la velocidad E1 a alta y registre los nuevos valores del punto de estabilización.
- Paso 30: Cambie la velocidad E1 nuevamente a baja velocidad.
- Paso 31: Cambie el número de ESTADO a 14(°C) y presione ENTER.
Registre los valores de estabilización.
- Paso 32: Cambie el número de ESTADO a 15 (°F) y presione ENTER.
Registre los valores de estabilización.

Los estados 14, 15 y 16 operan un calefactor en el evaporador que se conecta dos minutos y se desconecta un minuto de manera alternada.

- Paso 33: El sistema en los estados 11-16 le permite cambiar el valor de S1 en un rango dado.
- Paso 34: Pulse el número 18 (si está en °C) ó 65 (si está en °F) y luego la tecla '#'.
- Paso 35: Cambie el número de ESTADO a 11 o 12.
- Paso 36: Espere hasta que el compresor deje de trabajar.
- Paso 37: Registre las presiones y las temperaturas.
- Paso 38: Abra la ventana de la cámara de enfriamiento.
- Paso 39: Espere hasta que el compresor se conecte.
- Paso 40: Registre las presiones y las temperaturas.
- Paso 41: Cambie el número de ESTADO a 00 y presione ENTER.
Baje y suba el interruptor del PROGRAMA.
Todos los dispositivos deben apagarse.
- Paso 42: Abra la ventana de la cámara de enfriamiento y permita que el aire del ambiente ingrese adentro.
- Paso 43: Espere 5 minutos aproximadamente.

Paso 44: Llene la tabla siguiente con los valores de los puntos de estabilización que usted ha registrado.

No.	Comp.	Load	E1	LP	HP	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1.	ON	OFF	LO								
2.	ON	OFF	HI								
3.	OFF	OFF	LO								
4.	OFF	OFF	HI								
5.	ON	ON	LO								
6.	ON	ON	HI								
7.	OFF	ON	LO								
8.	OFF	ON	HI								

Modo capilar:

El tubo capilar se diseña para bajar la presión del líquido refrigerante en la misma medida que el compresor la levantó durante el proceso de compresión.

La caída de presión en el tubo depende de:

- El diámetro interno del tubo.
- La longitud del tubo.
- La velocidad del flujo.
- El peso específico del material refrigerante.
- El coeficiente de fricción entre el material refrigerante y el tubo.

Este es un elemento de control fijo, que depende de sus dimensiones y del material.

Paso 45: Cambie el número de ESTADO a 21 y presione ENTER.

Paso 46: Baje y suba el interruptor del PROGRAMA.

Los estados del modo capilar son 21-26.

Usted puede moverse de un estado capilar a otro sin bajar ni levantar el interruptor del PROGRAMA. Si usted baja y levanta el interruptor del PROGRAMA, el sistema actúa como dispositivo de relajación por seguridad.

Los programas capilares son:

Estado 21 - Operación capilar con pantalla en °C.

Estado 22 - Operación capilar con pantalla en °F.

Estado 23 - Operación capilar con pantalla gráfica.

Estado 24 - Operación capilar con pantalla en °C y carga térmica.

Estado 25 - Operación capilar con pantalla en °F y carga térmica.

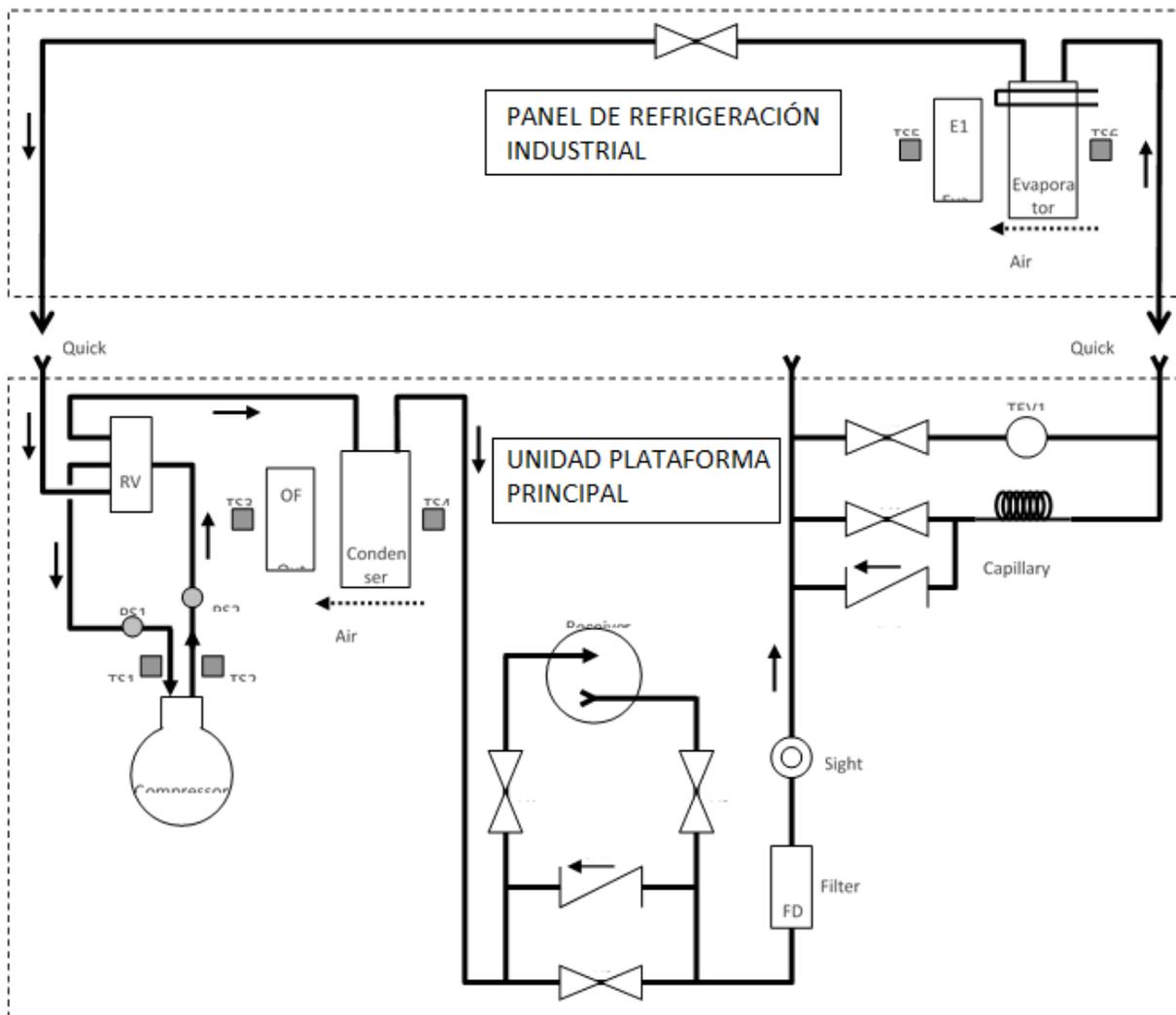
Estado 26 - Operación capilar con pantalla gráfica y carga térmica.

Paso 47: En la pantalla LCD usted debe encontrar la tabla siguiente:

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	CM	OF
		ON	ON				ON	ON	ON

Si aparece "on" (en minúsculas) en las columnas CM y OF, significa que el compresor está en un estado de retraso de 3 minutos antes que comience a trabajar. Este retardo protege el compresor.

Paso 48: Copie el circuito siguiente en su cuaderno y marque el recorrido del refrigerante.



Paso 49: La tabla de sensores es la misma como en el experimento de la TEV.

LP	HP	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8

Paso 50: La tabla de control es una poco diferente. En este experimento el control se hace según la presión baja.

La tabla es como la siguiente:

S1	D1	S2	D2	SP	PD	E1	L1	E2	RT
				33	17	LO			

SP – Ajuste de la presión baja.

PD – Diferencia de la presión baja.

Paso 51: Cambie el número de ESTADO a 22 y presione ENTER.

Este estado no cambia la operación del sistema; solo cambia la pantalla de °C a °F.

Observe eso.

Paso 52: Observe los valores de presión y temperatura y espere que el sistema se estabilice.

Paso 53: Cuando la LP esté estable en el punto estabilizado, registre los valores de la temperatura y de la presión del punto de estabilización en la tabla en el paso 75.

La temperatura de la cámara de enfriamiento debe continuar bajando.

Paso 54: Cambie el número de ESTADO a 23 y presione ENTER.

Este estado no cambia la operación de sistema; cambia solamente la exhibición a la representación gráfica.

El monitor muestrea y exhibe la LP y la T6 cada 2 segundos y los exhibe gráficamente en la pantalla.

Observe eso.

Paso 55: Cambie el número de ESTADO a 26 y presione ENTER.

Este estado opera la carga térmica al evaporador.

La presión de succión debe aumentar lentamente.

- Paso 56: Cambie la velocidad E1 (tecleando '*') a alta velocidad y registre los nuevos puntos de estabilización.
- Paso 57: Cambie la velocidad E1 nuevamente a baja velocidad.
- Paso 58: Espere hasta que el sistema esté estable.
Identifique el nuevo punto de estabilización.
- Paso 59: Cambie el número de ESTADO a 24(°C) y presione ENTER.
Registre los valores de estabilización.
- Paso 60: Cambie la velocidad E1 a alta y registre los nuevos puntos de estabilización.
- Paso 61: Cambie la velocidad E1 nuevamente a baja velocidad.
- Paso 62: Cambie el número de ESTADO a 25 (°F) y presione ENTER.
Registre los valores de estabilización.
- Paso 63: El sistema en los estados 21-26 le permite cambiar el valor SP en un rango dado.
- Paso 64: Teclee el número 20 y luego la tecla '#'.
Registre los valores de estabilización.
- Paso 65: Cambie el número de estado a 21 o 22.
- Paso 66: Espere hasta que el compresor deje de trabajar.
- Paso 67: Registre las presiones y las temperaturas.
- Paso 68: Abra la ventana de la cámara de enfriamiento.

Paso 69: Espere hasta que el compresor se conecte.

Paso 70: Registre las presiones y las temperaturas.

Paso 71: Cambie el número de ESTADO a 00 y presione ENTER.

Baje y suba el interruptor del PROGRAMA.

Todos los dispositivos deben apagarse.

Paso 72: Complete la tabla siguiente con los valores de los puntos de estabilización registrados.

No.	Comp.	Load	E1	LP	HP	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1.	ON	OFF	LO								
2.	ON	OFF	HI								
3.	OFF	OFF	LO								
4.	OFF	OFF	HI								
5.	ON	ON	LO								
6.	ON	ON	HI								
7.	OFF	ON	LO								
8.	OFF	ON	HI								