



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGÓN**

**DESARROLLO DE UN MANUAL  
ELECTROMECAÁNICO DE OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO SOBRE EQUIPOS DOMÉSTICOS  
EN REFRIGERACIÓN.**

**T E S I S**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

**P R E S E N T A N :  
BOCANEGRA VELÁZQUEZ JOSE ALFREDO  
HERNÁNDEZ TOVAR JOEL**

ASESOR: ING. ALEJANDRO RODRÍGUEZ LORENZANA

MÉXICO 2008





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

SI SOBREVIVES, si persisten, canta,  
sueña, emborráchate.

Es el tiempo del frío: ama,  
apresúrate. El viento de las horas  
barre las calles, los caminos.

Los árboles esperan: tú no esperes,  
éste es el tiempo de vivir, el único.

JAIME SABINES

## **AGRADECIMIENTOS:**

A mis Padres: Por todas y cada una de las enseñanzas que me han dado a lo largo de mi vida, por enseñarme a valorar que cada momento de existencia tiene un significado especial por bueno o malo que este sea, por sus ejemplos, apoyo incondicional, por la ayuda que siempre me brindaron para levantarme de los tropiezos y malos ratos, por la alegrías que pasamos juntos por cada momento que compartimos en familia gracias.

A mi Padre:

Por sus enseñanzas y ejemplos que me ayudaron para enfrentar esta vida, que formaron mi carácter mi espíritu y constancia para poder llegar hasta donde estoy el día de hoy y aunque el no se encuentra físicamente conmigo se que su amor y cariño los llevare por siempre a mi lado, a la mejor y mas grande herencia que me pudo dar: su compañía gracias Bocanegra.

A mi Madre:

Por su dedicación, su amor incondicional, su apoyo en todo momento al estar siempre a mi lado llevándome en su vientre, tomándome de la mano cuando lo necesite, repitiendo conmigo hasta el cansancio la tarea o trabajo que no comprendía dándome su amor de madre, por los desvelos y preocupaciones que le provoque gracias Carmelita.

A mi Mujer:

Por su compañía y amor, por darme la oportunidad de estar a su lado, de ser mi compañera de vida, por darme el regalo más grande que un hombre pueda recibir, el honor y privilegio de ser papa de una niña preciosa gracias por lo que eres mi amor, gracias Gisela.

A mi hija:

Por haber llegado en el momento justo y precisos a mi vida, por haberme llenado de bendiciones con tu llegada, eres el motor de mi vida que me da fuerzas para continuar a cada momento y seguir buscando ser mejor cada día por ti mi niña mi tesoro, mi galletita, gracias Lara.

A mi compañero y amigo:

Por su amistad y buenos momentos que pasamos juntos dentro y fuera de la escuela y que espero que se incrementen con el paso de los años, por el tiempo que pasamos juntos realizando esta tesis, gracias a mi compañero gracias a mi amigo gracias Joel.

JOSÉ ALFREDO BOCANEGRA VELÁZQUEZ

## **AGRADECIMIENTOS:**

A mi hija:

Por ser lo más maravilloso que me regalado la vida, gracias por tu amor y cariño que me han impulsado a no dejar sin concluir este trabajo.

A mi esposa: Por su infinito amor e inagotable paciencia, gracias por otorgarme tu valioso tiempo para finalizar este proyecto, gracias por darme la dicha de tener mi propia familia.

A mis padres:

Este trabajo lo dedico, especialmente a las personas que me dieron la vida y porque conjuntamente han forjado de mi una persona de bien. Gracias por brindarme su amor, apoyo, protección y confianza.

A mi familia:

Por el apoyo que me han proporcionado, porque sin su cariño hubiera sido más difícil conseguirlo.

A mi amigo:

Por el tiempo compartido, los momentos de diversión y estudio, por brindarme la confianza de compartir y realizar la terminación de este proyecto, y que la amistad perdure y nunca se agote. Gracias Alfredo.

JOEL HERNÁNDEZ TOVAR

## INDICE

Titulo de tesis	1
Objetivo general	1
Justificación	2
Introducción	3

### CAPITULO 1

#### “CONCEPTOS BÁSICOS DE ELECTRICIDAD EN REFRIGERACIÓN”

1.1	Electricidad básica para la refrigeración.	5
1.2	Análisis del electrón.	5
1.3	Cargas eléctricas.	7
1.4	Análisis de materiales conductores, semiconductores y aislantes.	8
1.5	Diferencia de potencial y fuerza electromotriz.	8
1.6	Análisis de la corriente alterna y corriente directa.	10
1.7	Análisis de la distribución de la electricidad.	10
1.8	Dispositivos de protección eléctricos.	11
1.9	Requisitos de circuitos para los sistemas de refrigeración.	13
1.10	Selección de conductores para circuitos adecuados.	14

### CAPITULO 2

#### “CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA EN REFRIGERACIÓN”

2.1	Termodinámica.	17
2.1	Presión.	20
2.3	Temperatura.	23
2.4	Calor.	24
2.5	Ciclo de Carnot.	28

### CAPITULO 3

#### “ANÁLISIS TERMODINÁMICO Y OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS DOMÉSTICOS DE REFRIGERACIÓN”

3.1	Termodinámica de ciclo de refrigeración por compresión de vapor.	32
3.2	El ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor.	32
3.3	El proceso en el evaporador(a presión constante).	36
3.4	El efecto refrigerante.	37
3.5	El flujo másico de refrigerante.	38
3.6	El proceso en el compresor(a entropía constante).	39
3.7	El calor de compresión y el trabajo de compresión.	40
3.8	Potencia teórica requerida por el compresor.	41
3.9	Desplazamiento teórico requerida por el compresor.	43
3.10	El proceso en el condensador(a presión constante).	44

3.11	El calor rechazado.	45
3.12	Equipos de refrigeración doméstica.	45
3.13	Refrigeradores dúplex.	46
3.14	Refrigeradores dúplex con cortina deshechable.	46
3.15	Refrigeradores dúplex horizontal con cortina deshechable.	47
3.16	Refrigeradores dúplex verticales con cortina deshechable.	48
3.17	Refrigeradores de deshielo manual por válvula solenoide.	50
3.18	Refrigeradores de sistema de refrigeración de deshielo automático por resistencia calefactora.	55
3.19	Hongos en el drenaje del evaporador secundario.	57

## **CAPITULO 4**

### **“ANÁLISIS ELÉCTRICO Y OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS DOMÉSTICOS DE REFRIGERACIÓN”**

4.1	Diagrama eléctrico estándar de un refrigerador sencillo.	59
4.2	Funcionamiento del motor eléctrico.	61
4.3	Funcionamiento del protector térmico de sobrecarga del compresor.	65
4.4	Funcionamiento del relevador de arranque del compresor.	66
4.5	Funcionamiento del capacitor electrolítico de arranque del compresor.	67
4.6	Funcionamiento de los controles automáticos de temperatura.	67
4.7	Circuito eléctrico de refrigeradores dúplex horizontal con cortina deshechable.	70
4.8	Circuito eléctrico de refrigeradores dúplex vertical con cortina deshechable.	71
4.9	Circuito eléctrico de refrigeradores de deshielo manual con válvula solenoide de deshielo.	73
4.10	Circuito eléctrico de refrigeradores dúplex con deshielo automático por válvula solenoide.	74
4.11	Circuito eléctrico de refrigeradores dúplex de deshielo automático por resistencia calefactora.	77

## **CAPITULO 5**

### **“DESARROLLO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DOMÉSTICOS DE REFRIGERACIÓN”**

5.1	Fallas en los sistemas de refrigeración sencillos.	80
5.2	Fallas en los sistemas de refrigeración dúplex.	87
5.3	Fallas en los sistemas de refrigeración de cortina deshechable.	87
5.4	Fallas en los sistemas de refrigeración de deshielo manual por válvula solenoide.	91
5.5	Fallas en los sistemas de refrigeración de deshielo automático por válvula solenoide(aire forzado).	94

5.6	Fallas en los sistemas de refrigeración de deshielo automático por resistencia calefactora.	103
5.7	Consideraciones finales.	105
5.8	Relaciones públicas en refrigeración.	106
5.9	Servicio a domicilio.	107
5.10	Programa de mantenimiento de un equipo casero de refrigeración.	109
5.11	Mantenimiento preventivo de un equipo casero de refrigeración.	109
Conclusiones		111
Tablas de datos técnicos		113
Bibliografía		117



## **“DESARROLLO DE UN MANUAL ELECTROMECAÁNICO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO SOBRE EQUIPOS DOMÉSTICOS EN REFRIGERACIÓN”**

### **OBJETIVO GENERAL**

Realizar un análisis completo, tanto teórico como práctico, acerca de equipos caseros de refrigeración para desarrollar un manual de operación y mantenimiento, y así, poder determinar las posibles fallas y soluciones en su operación y mantenimiento.

## JUSTIFICACIÓN

En este trabajo recepcional de titulación, se busca que todas las experiencias que nos hemos enfrentado dentro de nuestro desarrollo como profesionistas egresados de la UNAM, especialmente de la ahora FES Aragón, quede plasmado de una manera fácil de entender y que toda persona que este interesada sobre el tema, al consultar esta tesis, le pueda servir como una referencia verídica y práctica ya que se maneja una gran cantidad de datos que es común encontrarlos dentro de la industria de la refrigeración, y no solo teoría como en los libros de termodinámica.

Cuando nos fuimos formando como futuros ingenieros, se nos proporciono una gran variedad de conocimientos (tanto eléctricos como mecánicos) pero jamás se nos inculco acerca de la aplicación de dichos conocimientos, por lo que al egresar se nos dificulto un poco el lograr entender estos estudios, pero con el paso de nuevas experiencias y raciocinios, en un determinado momento ya habíamos superado nuestros primeros problemas laborales y habíamos adquirido una gran gama de nuevas habilidades.

Por lo que se nos ocurrió desarrollar este tema como un modo de titulación, además de dejar un legado a los futuros ingenieros, que es el de plasmar nuestra experiencia. Para lograr cumplir con el objetivo contamos con la ayuda de nuestro asesor que es una persona confiable y además de que cuando fue nuestro profesor nos pudimos percatar de que cuenta con la responsabilidad y conocimiento para podernos guiar durante esta investigación.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, todo profesional que pretenda conseguir un empleo buen remunerado, debe desarrollar una gran gama de habilidades y conocimiento, como en este caso la refrigeración. Es difícil de comprender de un simple vistazo a nivel general, separar cada una de estas habilidades para poder emplearse.

Es común que se desarrollen tesis multidisciplinarias para desarrollar un mejor trabajo, ya que en nuestra investigación, se involucran aspectos de ingeniería mecánica y de ingeniería eléctrica, por lo que desarrollamos estos puntos a un buen nivel.

En el capítulo uno, hemos hecho una investigación acerca de todas las bases de electricidad para una mejor comprensión del tema. Abarcamos desde las definiciones sencillas hasta el análisis de circuitos eléctricos.

En el capítulo dos hacemos un mismo análisis, pero ahora enfocado desde el punto de vista de la termodinámica, ya que habrá que recordar que los principios termodinámicos explican en detalle el ciclo de refrigeración.

En el capítulo tres ya nos empezamos a enfocar al análisis de los sistemas de refrigeración que se utilizan en el área doméstica. Por lo empezamos a combinar el área mecánica con el área eléctrica.

En el capítulo cuatro le damos el enfoque eléctrico, desde el análisis de motores eléctricos, sistemas de protección eléctrica y desde luego su control, aquí dejamos un solo capítulo a este tema por que habrá que recordar que en la práctica más del 50% de los problemas en refrigeración son eléctricos.

Por últimos nos enfocamos a hacer una serie de sugerencias para el mantenimiento de este tipo de equipos de refrigeración doméstico. Estos van desde la simple limpieza hasta el cambio de compresor de refrigeradores.

## **CAPITULO 1**

### **CONCEPTOS BÁSICOS DE ELECTRICIDAD EN REFRIGERACIÓN**

## 1.1 *Electricidad básica para la refrigeración*

La electricidad es la principal fuente de suministro de energía para la operación de muchos de los sistemas de refrigeración. Debido a esto, los diseñadores, artesanos y técnicos en refrigeración deben tener un conocimiento de trabajo acerca de la naturaleza y seguridad de la electricidad.

La teoría del electrón, las cargas eléctricas y la electricidad estática sirve en esta unidad como introducción a la electricidad. Con estos fundamentos, se definen los términos eléctricos comunes en una forma practica. Posteriormente se incluyen los factores que influyen en la transmisión distribución y uso de la energía eléctrica. Finalmente se analiza los requisitos de circuito para los sistemas de refrigeración con objeto de lograr una comprensión de la forma y el porque se utiliza la electricidad.

## 1.2 *Análisis del electrón.*

Todos los estudios de la electricidad y de los efectos eléctricos se basan en la existencia de diminutas “cargas” denominadas “electrones”. Los electrones pueden acumularse o moverse de un lugar a otro. La electricidad es el efecto de estos electrones al moverse de un punto a otro.



Figura 1.1 En la presente figura se puede apreciar el sentido en que se mueven los electrones en un circuito alimentado por corriente directa.

Lo que representan los electrones puede describirse mejor al examinar la composición de una gota de agua. Si esta se dividiera en dos gotas de menor tamaño y estas se dividieran aun más, el examen al microscopio revelaría que en cada una de estas gotas, se tiene las mismas características y propiedades del agua.

Ahora bien, si el proceso de división se continuara hasta lograr la gota más pequeña posible, la cual aun tuviera sus propiedades químicas, la partícula resultante sería lo que se llama “moléculas”.

Si aun fuera posible examinar esta molécula de agua a una gran amplificación, se encontraría que esta formada por tres delgadas estructuras cada una de las cuales se denomina “átomo”.

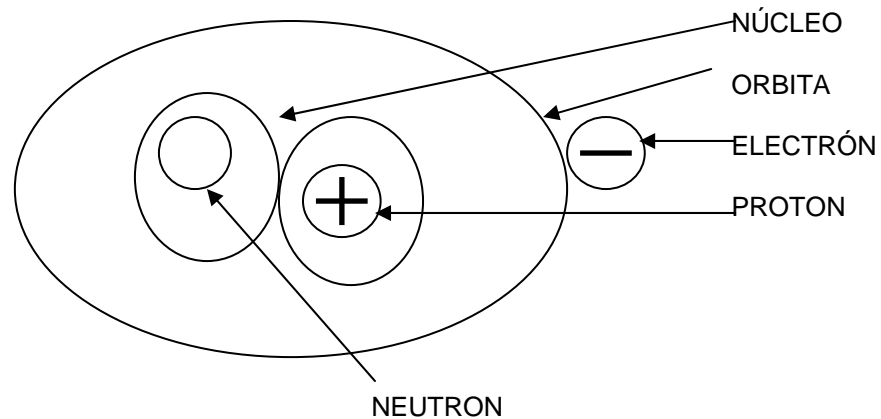


Figura 1.2 Diagrama de un átomo de hidrógeno (un protón, un electrón y un neutrón).

En este ejemplo una molécula de agua está formada de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Aunque el agua está formada por dos tipos diferentes de átomos, las moléculas de otros materiales contienen muchas diferentes combinaciones de casi 100 tipos de átomos. Esto se le conoce como elementos.

Continuando con el átomo de hidrógeno (el cual es el más pequeño en la molécula de agua), en caso de que fuera posible su observación en condiciones de gran amplificación, se tendría la apariencia del sol rodeado de un planeta, el sol representa el "núcleo"; el planeta corresponde al "electrón". El núcleo contiene una carga de electricidad positiva mientras que el electrón la tiene negativa.

Se dice entonces, que la carga positiva es un "protón".

La teoría del electrón establece que toda la materia está formada de cargas eléctricas en diversas combinaciones. Se ha encontrado que para cualquier átomo el total de cargas positivas en el núcleo es igual, exactamente, al número de cargas negativas (electrones) en la órbita que rodean al núcleo (órbitas planetarias).

Además de estas cargas positivas, el núcleo también contiene "neutrones". Los neutrones son partículas eléctricamente neutras ya que consisten de un electrón y un protón unidos entre sí. Los neutrones se encuentran representados mediante la letra (N). Los electrones se encuentran en un estado de movimiento constante alrededor de los protones y neutrones en el núcleo.

La corriente eléctrica consiste del movimiento de los “electrones libres de un átomo al siguiente. Los electrones “libres son los que se encuentran mas alejados del núcleo y que pueden forzarse a salir fácilmente de sus orbitas. Estos son el contraste de los electrones “unidos” que no pueden forzarse a salir con facilidad de sus orbitas. Dicho en otras palabras, la electricidad es un efecto de muchos, pocos, o el movimiento que tienen los electrones al viajar de un lado a otro.

### **1.3 Cargas eléctricas.**

#### **Cargas positivas y negativas:**

Se dice que un material tiene “carga negativa” cuando tiene un exceso de electrones (cargas (-)). Un material que tiene el numero normal de cargas positivas en el núcleo pero carece de algunos electrones posee “carga positiva”. Cuando no existe exceso o falta de electrones el cuerpo no tiene carga por lo que se dice que es neutro. Todas estas condiciones son originadas por el movimiento de electrones de un cuerpo a otro, mientras que las cargas positivas permanecen estacionarias como parte del material del cuerpo.

Los materiales que se encuentran cargados con electricidad estática se atraen o repelen entre si. La atracción se realiza entre cargas distintas debido a que exceso de electrones de carga negativa buscan la carga con deficiencia de electrones las cargas diferentes ((+) y (-) ) se atraen; las cargas iguales ( (-) y (-) o (+) y (+) ) se repelen.

La electricidad puede producirse mediante cualquiera de seis fuentes de energía: contacto, calor, presión, luz, magnetismo y efecto químico. Por el momento se trata el método de contacto, ya que es la forma básica más simple de producir electricidad. La electrificación se origina al llevar dos o más partes o materiales de modo que se encuentren en contacto. Durante este contacto alguno de los electrones se mueven de un material al otro. Al aumentar las cargas estáticas también se incrementa el suministro de las mismas.

Los materiales difieren en su capacidad de acumular y transferir electricidad estática. Dependiendo del material que se da las cargas con mayor facilidad, las cargas pueden ser positivas o negativas. Cuando una varilla de vidrio se frota con una tela de seda, se carga positivamente ya que los electrones son trasferidos de la piel a la varilla.

De modo similar, el contacto entre la banda y la polea de un compresor en operación puede originar una carga estática en el compresor pudiendo causar un choque serio para cualquiera que llegue a tocar el compresor. Esto sucede debido a que dos cuerpos cargados (electrificados) se llevan uno cerca del otro existe una diferencia de potencial entre los mismos.

Esta fuerza es la que tiende a restablecer los cuerpos cargados a su convicción neutra o sin carga. La tendencia puede resultar en el movimiento de electrones del cuerpo (-) al cuerpo (+) para lograr este balance.

Aun cuando no puede decidirse la naturaleza exacta de la electricidad se clasifica como “estática” cuando los electrones se encuentran inmóviles y “dinámica” cuando estos tienen movimiento. El movimiento de los electrones se denominan “corriente”.

Antes de la aceptación de la teoría del electrón como base del comportamiento eléctrico se consideraban que la corriente fluía del positivo al negativo (“flujo convencional”). Ahora se ha establecido que la corriente (el flujo de electrones) se realiza del negativo al positivo.

#### **1.4 *Análisis de materiales conductores, semiconductores y aislantes.***

Existen tres clases de materiales que se utilizan en el trabajo eléctrico: conductores, aislantes y semiconductores. Como su nombre lo implica, un conductor permite que los electrones se muevan a través del mismo con facilidad. La facilidad y grado de velocidad de este movimiento se denomina “conductibilidad”.

Algunos conductores, considerados en su orden de conductibilidad desde los pobres hasta los buenos son: la plata, el cobre, el aluminio, el tungsteno, el cinc, el bronce, el hierro, el estaño puro y el plomo. Por otra parte, el aislante resiste el flujo de electrones. Algunos ejemplos de aislantes incluyen la mica, el caucho, la baquelita, el papel y la seda.

Algunos de estos materiales se utilizan alrededor de los alambres para evitar la formación de un arco eléctrico entre un alambre y otro o para evitar que se encuentren en contacto. Esto es de especial importancia para el caso de las unidades herméticas en el que refrigerante fluye entre los alambres del motor.

Un semiconductor es un material que conduce mejor en una dirección que en la otra. El germanio, el silicio y el óxido de cobre son ejemplos de semiconductores. Estos materiales son de bastante utilidad en los refrigeradores termoeléctricos.

#### **1.5 *Diferencia de potencial y fuerza electromotriz.***

Cuando existe una diferencia en la cantidad de carga eléctrica entre dos puntos se dice que tiene una “diferencia de potencial”. La diferencia de potencial se mide en las unidades conocidas como “volts”. Existen diferentes formas de producir una diferencia de potencial entre dos puntos, consecuentemente, forzar a los electrones para que se muevan. Esta fuerza se le conoce como



“fuerza electromotriz” que de abrevia f.e.m. así, los dos términos “diferencia de potencial” (D.P) y “fuerza electromotriz” (f.e.m.) significan lo mismo.

### **Fuentes de suministro de fuerza electromotriz:**

La principal fuente de suministro de energía eléctrica para la operación de la mayor parte de las unidades de refrigeración es el “generador”, que consiste de un dispositivo que transforma la energía de una forma en eléctrica. Por ejemplo, la energía de una caída de agua o del vapor de agua se transforma mediante un generador en energía eléctrica.

La fuerza electromotriz se “induce” cuando un conductor corta las líneas de fuerza magnética entre los dos polos de un magneto. Cuando esto ocurre establece la diferencia de potencial entre las terminales del generador. Esta diferencia de potencial puede ser de “corriente directa” (c-d) o de corriente alterna (c-a).

La diferencia de potencial de corriente directa significa que cada terminal siempre mantiene la misma identidad. Una terminal es siempre (+) y la otra (-). El tamaño o valor (denominado “magnitud”) puede variar o permanecer igual.

La diferencia de potencial que se mantiene entre las terminales de una batería es bastante uniforme. Por contraste, la diferencia de potencial de un generador varía, dependiendo de la construcción y operación.

La mayor parte de los motores de refrigeración funcionan con una diferencia de potencial de corriente alterna. La corriente alterna es una diferencia de potencial que cambia tanto en dirección como en magnitud a intervalos regulares. Esto significa que la c-d sigue un modelo que se repite por si mismo durante partes fraccionarias sucesivas de un segundo.

Un modelo simple completo se denomina “ciclo”. Cuando el modelo se repite 60 veces cada segundo se denomina “corriente de 60 ciclos” y se dice que tiene una “frecuencia de 60 ciclos por segundo”.

En algunas regiones es común encontrar corriente de 40, 50 o aun 25 ciclos debido a esto es importante especificar el ciclaje cuando se ordena equipo eléctrico. Generalmente, los motores, las válvulas de solenoide y los transformadores que se diseñan para operar con cierta frecuencia no pueden funcionar de modo apropiado en otra frecuencia.

Debe recordarse que los refrigeradores termoeléctricos funcionan con corriente directa. Cada unidad esta equipada con un rectificador que es un dispositivo eléctrico mediante el cual la c-d se transforma en c-a. En esta forma de unidad puede conectarse en forma directa a una línea de corriente alterna.

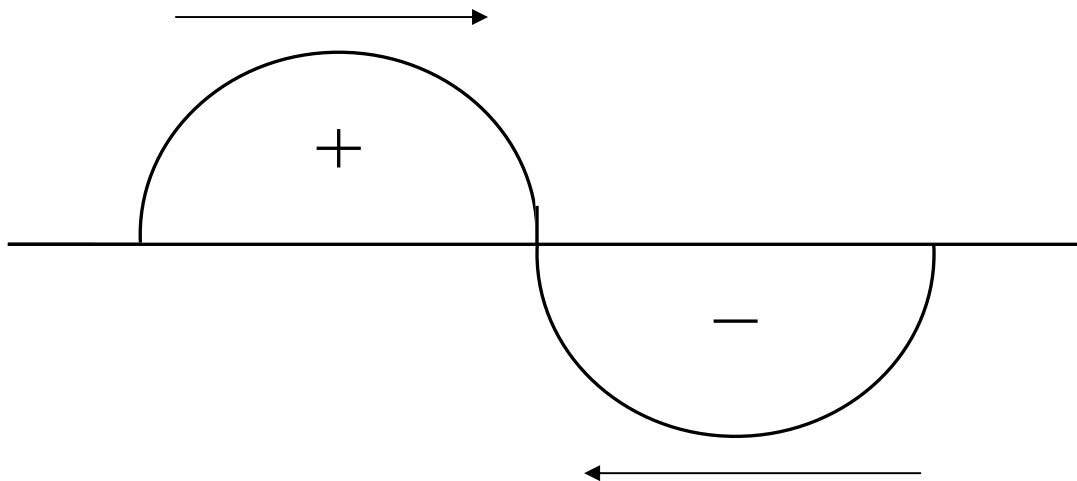


Figura 1.3 Esta figura corresponde a la fluctuación que tiene la corriente alterna o discontinua en un circuito eléctrico. Se compone por un semiciclo positivo, que es cuando la corriente va hacia adentro del circuito, y un semiciclo negativo, que es cuando la corriente fluye en sentido contrario al semiciclo positivo. En un circuito eléctrico alimentado por corriente alterna, la frecuencia es de 60 ciclos por minuto, la corriente tiene 60 semiciclos positivos y 60 semiciclos negativos, ósea va y viene por ese circuito 60 veces por segundo. Las flechas indican la fluctuación en el flujo o sentido de la corriente.

### **1.6 Análisis de la corriente alterna y corriente directa.**

Un circuito puede identificarse prácticamente mediante el uso de una lámpara de neón que en un tomacorriente con un alambre de cola de cochino. Cuando las colas de cochino se colocan entre las dos aberturas del cortacorriente se enciende una luz. En caso de que únicamente encienda un lado, el circuito es de c-d. Cuando ambos lados de la lámpara de neón se encienden el circuito es de c-a. Se deben considerar algunas medidas de seguridad. En primer lugar la lámpara debe estar para un voltaje superior al de la prueba. Así mismo, se debe tener cuidado de tocar solamente la parte aislada del alambre.

### **1.7 Análisis de la distribución de la electricidad.**

La máxima diferencia de potencial a la cual un generador eléctrico proporciona energía generalmente es de 15,000 volts. Cuanto más se puede “elevar” este voltaje mayor será la economía de transmisión a través de las líneas de potencia hasta el punto de operación. Una diferencia de potencial estándar de 13,200 volts se puede incrementar casi hasta 250,000 volts, dependiendo de la distancia a la cual deba transmitirse y de la cantidad de energía disponible.

Este incremento se logra por medio de los “transformadores elevadores de voltaje. Los transformadores se encuentran cerca de las estaciones de generación y parecen una batería de tanques de acero. El transformador esta formado de tres partes principales: un “bobinado primario” en que se aplica la energía eléctrica, un “bobinado secundario” que se deriva como el lado de “salida” , y el núcleo de hierro laminado alrededor del cual se enrolla los bobinados primarios y secundarios.

El transformador convierte la energía eléctrica de un bobinado en otra mediante la “inducción magnética”. La inducción magnética es el fenómeno que se origina cuando al aplicar un voltaje al bobinado primario se establece otro voltaje en el secundario. El movimiento relativo requerido entre el campo magnético y el conductor se logra al utilizar una c-a. Un campo magnético rodea el bobinado primario. Este campo varia con la corriente alterna y atraviesa el bobinado secundario. La proporción de voltaje depende de la relación de bobinados entre el primario y el secundario. Por ejemplo, si el generador suministra energía eléctrica a 13,200 volts al bobinado primario de un transformador y existen cinco veces mas enrollamiento alrededor del núcleo de hierro laminado en el secundario, la salida es de  $13,200 \times 5$ , es decir, 66,000 volts. La relación de enrollamientos en el bobinado secundario comparado con el numero de vueltas en el primario determina la potencia de salida.

Los alojamientos de los transformadores de gran capacidad normalmente contienen un aceite de transformador de alto grado. Este aceite tiende a disipar el calor y a mantener a alta la eficiencia. También es un excelente aislante. Una pregunta que pudiera considerarse es el porque existe la necesidad de la transformación de un voltaje bajo a uno alto para la transmisión. La respuesta es simple. Independientemente de lo eficiente que sean los conductores de electricidad siempre tienen cierta resistencia al flujo de la corriente. Cuando mayor es la corriente mas elevado es el calor generado y más grande la perdida de energía eléctrica. Esto se denomina “perdida de línea ya que la potencia es igual a la diferencia de potencial x corriente, a mayor diferencia de potencial se tiene que menor es la corriente requerida para producir la misma proporción de potencia. Consecuentemente las perdidas de línea son menores.

### **1.8 Dispositivos de protección eléctricos.**

Los dos grupos básicos de dispositivos para la protección de los circuitos eléctricos son:

- 1) Fusibles.
- 2) Interruptores de circuito.

Cada uno de esos grupos puede clasificarse adicionalmente en la siguiente forma:

- ✓ Fusibles de tipo cartucho o tapón (ordinario, superretraso doble elemento).
- ✓ Interruptores de circuito que se pueden operar mediante un elemento magnético o un elemento magnético o térmico.

### **Fusibles:**

Los fusibles de tapón son aquellos que se atornillan en enchufes igual que los focos de luz. Casi todos estos fusibles no son renovables y deben sustituirse después de que se “funden”.

Los fusibles de tipo cartucho se diseñan para adaptarse a enchufes o seguros especiales. Se encuentran en forma de dispositivos renovables para lo cual se dispone de cintos de sustitución.

- ✓ El fusible ordinario no renovable proporciona una adecuada protección contra los cortos circuitos para los circuitos que se utilizan solamente para iluminación o calentamiento.
- ✓ Los fusibles de superretraso proporcionan una adecuada protección a los circuitos generales de iluminación y calentamiento, permitiendo sobrecargas temporales.
- ✓ El fusible de acción retardada de doble elemento proporciona una excelente protección contra los cortos circuitos y también permite sobrecargas temporales. En consecuencia, es de especial utilidad para los motores en su arranque. Este tipo de fusibles no se funden cuando la sobrecarga se prolonga durante un largo periodo, por ejemplo cuando un motor tiene dificultades en su arranque y continua recibiendo intensa la corriente de arranque. Cada motor debe disponer de su propia protección de doble elemento.

### **Interruptores de circuito:**

Los interruptores de circuito se pueden utilizar para proteger un circuito en contra de la sobrecarga y también como interruptor o conmutador. El interruptor de circuito no tiene que remplazarse cuando la sobrecarga lo desconecta. Una vez localizado el circuito problema, el circuito se restablece empujando simplemente la manija del interruptor de circuito hacia la posición “conectado”.

Los interruptores magnéticos proporcionan adecuada protección contra las sobrecargas. Este interruptor tiene la característica de acción retardada para tomar en cuenta las sobrecargas temporales como la corriente de arranque de motor. En caso de persistentes sobrecargas se introduce un núcleo de hierro en

el bobinado, de modo que se incremente su flujo y el interruptor se dispara. Para sobrecargas pesadas la característica de acción retardada no queda implicada y el interruptor se dispara instantáneamente.

### **1.9 Requisitos de circuitos para los sistemas de refrigeración.**

En cuanto a los circuitos para los sistemas de refrigeración se deben considerar tres factores que deben comprenderse con claridad:

- ✓ Prueba de circuito.
- ✓ Identificación de los elementos de un circuito adecuados.
- ✓ Selección de los conductores para un circuito satisfactorio.

#### **Prueba de circuito:**

Para medir la intensidad de corriente en amperes se hace uso de un instrumento combinado del tipo amperímetro-voltímetro. En refrigeración es muy común utilizar un volt-amperímetro de gancho, este consta de una quijada de la cual, amperímetro-voltímetro se sujeta a través de un adaptador.

Una prueba en este punto define la cantidad de corriente que toma el motor cuando arranca y después de que adquiere su velocidad. Es normal que tal instrumento indique un amperaje de dos a tres veces el valor indicado a la placa del motor cuando arranca. Sin embargo, el amperaje debe disminuir hasta el valor indicado en la placa después de algunos segundos en que el motor adquiere su velocidad.

La corriente extra y de arranque se requiere para vencer la inercia del motor también para el arranque en contra de una presión alta en el lado de descarga del compresor. En caso de que el motor continúe teniendo un alto amperaje que falle en cuanto a adquirir su velocidad, el problema esta en el motor o la línea.

La diferencia de potencial (voltaje) de una unidad de refrigeración puede obtenerse con el mismo instrumento combinado. La vía de derivación del amperímetro-voltímetro se desengancha y la posición del conmutador del medidor se cambia. Posteriormente las dos terminales del instrumento se inserta en el adaptador.

En condiciones de operación la lectura de voltaje debe quedar dentro de los límites definidos por el código que gobierna las instalaciones eléctricas. Normalmente el código especifica que la instalación debe ser lo suficientemente adecuada para proporcionar el voltaje necesario en las condiciones de operación más severas.

Un motor que arranca en condiciones de carga proporciona tal situación. Este voltaje no debe ser mas del 10% menor que el valor establecido por el sistema. Un máximo de 2 a 3 % de “gradiente de línea” permite lograr una eficiente, así como la protección del motor y del sistema.

El “gradiente de línea” se refiere a la diferencia de potencial requerida para impulsar la corriente a través de la línea desde el conmutador de entrada hasta la línea de refrigeración misma. También existe un gradiente de línea entre el conmutador de entrada y el transformador en el poste. El gradiente de línea siempre resulta en el calentamiento de la línea y mermas ya que el voltaje no se encuentra disponible para la operación del equipo.

Cuando se comparan los valores de la conductividad eléctrica de diferentes materiales es evidente que, aun cuando las áreas de la sección transversal y las longitudes pudieran ser iguales, se observa que un material es mejor conductor que otro. Por ejemplo, a continuación se indican algunas comparaciones:

- ✓ El aluminio origina un gradiente de línea que es aproximadamente 1.6 veces mayor que el correspondiente al cobre
- ✓ El hierro origina un gradiente de línea que es de 5.8 veces el del cobre.
- ✓ El cobre origina un gradiente de línea de tan solo 1.05 veces el correspondiente a la plata.

Siendo así, que el cobre se utiliza ampliamente en los conductores eléctricos. Cuando el peso representa un problema, tal como en el caso de espacios largos de líneas de transmisión, se puede hacer uso del aluminio. Debido a su valor como buen conductor la plata se utiliza ocasionalmente para el blindado de los interruptores de circuito de los contactos de los relevadores.

### **1.10 Selección de conductores para circuitos adecuados.**

Se deben considerar tres factores para asegurar que un circuito eléctrico sea adecuado para un sistema de refrigeración.

- ✓ El material conductor debe proporcionar el menor gradiente de línea posible. En la mayor parte de los casos el cobre se selecciona aun cuando actualmente se ofrece el aluminio por parte de muchos fabricantes.
- ✓ La longitud del conductor, naturalmente, esta determinada por la localización de la unidad de refrigeración con respecto a la caja de servicio de entrada o caja de circuito derivado.

- ✓ El área de la sección transversal del conductor es el tercer factor de importancia. Que dispone de tablas que proporcionan los límites de corriente segura establecido en el código eléctrico nacional para diferentes calibres de alambre.

### **Calibres de alambre:**

Los tamaños de alambre que proporcionan en tablas en forma de “calibres” de alambres. Los calibres estándar que se utilizan comúnmente en Estados Unidos y en gran parte de América son el calibre de alambre americano y el calibre Brown y Sharpe (B & S).

En ambos sistemas se utiliza el mismo número para definir el tamaño de un alambre determinado. Una vez que se ha eliminado del alambre todo el aislante, se prueba que varias ranuras del calibrador hasta que se encuentra el correcto. El número de la ranura que permita el deslizamiento del alambre sin forzarlo corresponde al tamaño de alambre. Un lado del calibrador indica el número de calibre. El otro lado proporciona el valor decimal correspondiente del diámetro de alambre.

### **Área de la sección transversal del alambre:**

Se ha establecido un sistema para designar el área de la sección transversal de conductores redondos. La unidad que identifica tales áreas es el “mil circular”, el mil circular es una unidad de medición de área de un alambre redondo con un diámetro de una milésima.

Una milésima corresponde a  $1/1,000''$  ( $0.001''=0.00254\text{cm}$ ).

A continuación se mencionan algunos ejemplos para demostrar la forma en que trabaja este sistema.

Un alambre de dos milésimas de diámetro ( $0.002''=0.0051\text{ cm}$ ) tiene un área de 4 miles circulares.

Otro alambre de 102 milésimas de diámetro tiene un área de 10,400 miles circulares. Es decir, los valores de los miles circulares que representan el área son simplemente el cuadro del diámetro (expresados en milésimas).

## **CAPITULO 2**

### **CONCEPTOS BÁSICOS DE TERMODINÁMICA EN REFRIGERACIÓN**



## 2.1 Termodinámica.

Históricamente la termodinámica tenía por objeto proporcionar un mejor conocimiento de los dispositivos conocidos como máquinas térmicas, que absorben el calor desde una fuente de alta temperatura y produce trabajo útil.

Hoy en día la termodinámica ha tenido otras aplicaciones, por lo que no solo es importante en la ingeniería, si no también, en la física, química y ciencias biológicas, ya que permite predecir y comprobar, mediante la experimentación el comportamiento del mundo real, estableciendo una relación matemática y/o comparando un modelo con un sistema.

### **Termodinámica:**

Se ocupa del estudio de las transformaciones del calor en trabajo y viceversa, los medios que se emplean para efectuar dichas transformaciones y aquellas propiedades de las sustancias que guardan relación con la energía.

### **Trabajo termodinámico:**

En forma general se tienen dos tipos que son los siguientes:

- ✓ De compresión. Al efectuarse un trabajo de compresión este se transforma íntegramente en calor del sistema, porque comunica al gas una energía adicional que aumenta la energía interna de sus moléculas elevando la temperatura. En la compresión de un gas, el volumen final es menor al inicial, por tanto, el trabajo realizado es negativo y se dice que se efectuó un trabajo de los alrededores sobre el sistema.
- ✓ De expansión. Es producido a la energía interna de las moléculas del gas, por lo que la temperatura del sistema disminuye. Al expandirse el gas el sistema final es mayor al inicial y, por tanto, el trabajo es positivo, por lo tanto el sistema realiza un trabajo sobre los alrededores.  
$$\Delta U = Q + W$$

### **Primera ley de la termodinámica(ley de la conservación de la energía):**

“La variación de energía interna de un sistema es igual a la energía transferida a los alrededores o por ello en forma de calor y de trabajo, por lo que se establece la ley de la conservación de la energía, que enuncia:

“La energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma”.

Matemáticamente, la 1era. Ley de la Termodinámica se expresa para un sistema cerrado como:  $\Delta U = Q + W$  ; considerado el valor de Q positivo cuando se suministra calor al sistema, y negativo si sale de él. W positivo, si el sistema realiza trabajo, y negativo si se efectúa trabajo de los alrededores sobre el sistema.

Dicho de otra forma, la 1era. Ley de la Termodinámica indica que la energía (Calor o trabajo) no se crean ni se destruyen, solo se transforma en otras energías, como lo son: Ec, Ep, U y el W, se expresa como:

$$W + Q = Ec + Ep + U + Pv$$

### **Equilibrio termodinámico:**

Cuando en un sistema de baja temperatura se pone en contacto por medio de una pared diatérmica con otro sistema de mayor temperatura, la temperatura del sistema frío aumenta mientras la temperatura del sistema caliente disminuye. Si se mantiene este contacto mediante un periodo largo, se establecerá el equilibrio termodinámico, es decir ambos sistemas tendrán la misma temperatura.

Si los sistemas están formados por diferentes sustancias o diferentes porciones de ellas, no contendrán la misma cantidad de energía aunque estas alcancen el equilibrio térmico.

### **Ley cero de la termodinámica:**

Esta ley nos explica que cuando un sistema se pone en contacto con otro al transcurrir el tiempo, la temperatura será la misma, por que se encontrarán en equilibrio térmico. Otra forma de expresar esta ley es la siguiente:

“La temperatura es una propiedad que posee cualquier sistema termodinámico y existirá equilibrio térmico entre dos sistemas cualesquiera, si su temperatura es la misma.”

### **Segunda ley de la termodinámica:**

Analiza la posibilidad y dirección de los procesos de transformación de la energía, es decir, la segunda ley, impone las restricciones para el cumplimiento de la primera ley.

Existen dos enunciados que definen la segunda ley de termodinámica:

- ✓ El de J. E. Clausius: “El calor no puede por si mismo, sin la intervención de un agente externo, pasar de un cuerpo frío a un cuerpo caliente”. Este enunciado indica que es imposible construir una bomba de calor

que opere en ciclos y que transmita calor de un depósito de baja temperatura a otro de mayor temperatura, sin suministrar trabajo. Es decir, en una bomba de calor el trabajo suministrado siempre debe ser mayor que cero ( $W > 0$ ), para que la transmisión de calor pueda ser de  $T_B$  a  $T_A$ .

- ✓ El de W. Thomson Kelvin: “Es imposible construir una máquina térmica que transforme en trabajo todo el calor que se le suministra”. Dicho de otra manera, siempre existirá en una máquina térmica un cierto calor rechazado, ( $Q_B > 0$ )

**Estos dos últimos postulados nos lleva a definir los siguientes conceptos:**

Coeficiente térmico de operación ( $\beta$ ). Se usa para indicar la relación entre calor retirado ( $Q_B$ ) o el calor rechazado ( $Q_A$ ) y el trabajo suministrado ( $W$ ) de una bomba de calor.

Coeficiente de refrigeración ( $\beta_R$ ). Es cuando una bomba de calor se analiza como refrigerador.

Coeficiente de calefacción ( $\beta_C$ ). Es Cuando una bomba se analiza como calefactor. El coeficiente de calefacción, siempre es mayor que el coeficiente de refrigerador.

Eficiencia térmica ( $\eta$ ). Es la relación de trabajo realizado por una máquina entre el calor suministrado. Esto es,

$$\eta = \frac{W}{Q_A}$$

ó bien, en función de los calores suministrado y rechazado:

$$\eta = \frac{Q_A - Q_B}{Q_A},$$

por tanto

$$\eta = 1 - \frac{Q_B}{Q_A}$$

El enunciado de kelvin-Planck se puede expresar en términos de la eficiencia térmica como: “Es imposible construir una máquina térmica con una eficiencia igual al 100%.

Como  $Q_B$  siempre es mayor que cero, pero menor que  $Q_A$ , la eficiencia térmica tendrá que ser mayor que cero pero menor que la unidad, por esto se acostumbra enunciarla en porcentaje.

$$0 \leq \eta \leq 1$$

o bien

$$0 \leq \eta < 100\%$$

Sin embargo ambos enunciados de la segunda ley, tienen el propósito de dar un sentido o dirección a los procesos de transferencia de energía.

## 2.2 Presión.

Indica la relación entre una fuerza perpendicular aplicada y el área sobre la cuál actúa. Matemáticamente se expresa como:

$$P = \frac{F}{A}$$

donde:

$P$  = Presión ( $N/m^2$ ,  $D/cm^2$ ,  $lb_f/in^2$ )

$F$  = fuerza ( $N$ ,  $D$ ,  $lb_f$ )

$A$  = área ( $m^2$ ,  $cm^2$ ,  $in^2$ )

Esta expresión indica que cuando mayor sea la fuerza aplicada, mayor será la presión para una misma área.

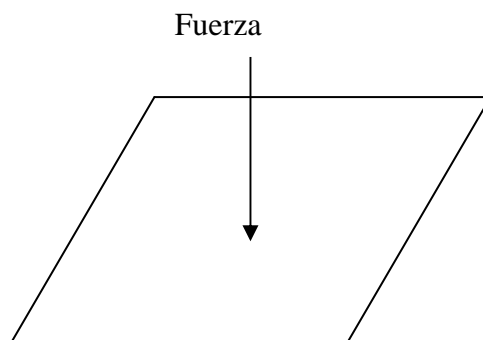


Figura 2.1 Esta figura nos muestra como cualquier fuerza ejercida sobre un cuerpo ejerce una presión como consecuencia de la aplicación de dicha fuerza.

### Ley de Dalton:

Esta habla de las presiones parciales y establece, que si una mezcla de gases o vapores esta encerrada en un recipiente, cada gas ejercerá su propia presión sobre el recipiente en forma enteramente independiente de los otros, en consecuencia, la presión absoluta total será igual a la suma de las presiones parciales ejercidas por cada uno de los gases, para cada gas existe una temperatura por arriba de la cual no puede ser licuado, independientemente de la presión, a esa temperatura se le llama crítica, la presión crítica es la presión que produce la licuefacción a la temperatura crítica, una tonelada de refrigeración equivale a la cantidad de calor que se necesita para fundir una tonelada de hielo en 24 horas, así cada refrigerante tiene una temperatura de ebullición determinada a una presión determinada y se pueden usar presiones manométricas.

$$P_{TOTAL} = P_1 + P_2 + \dots + P_N$$

donde:

$$P_{TOTAL} = \text{Presión total ejercida sobre el sistema (N/m}^2, \text{ D/cm}^2, \text{ lb}_f\text{/in}^2)$$

$$P_1 + P_2 + \dots + P_N = \text{Presiones parciales de cada gas (N/m}^2, \text{ D/cm}^2, \text{ lb}_f\text{/in}^2)$$

### Presión atmosférica:

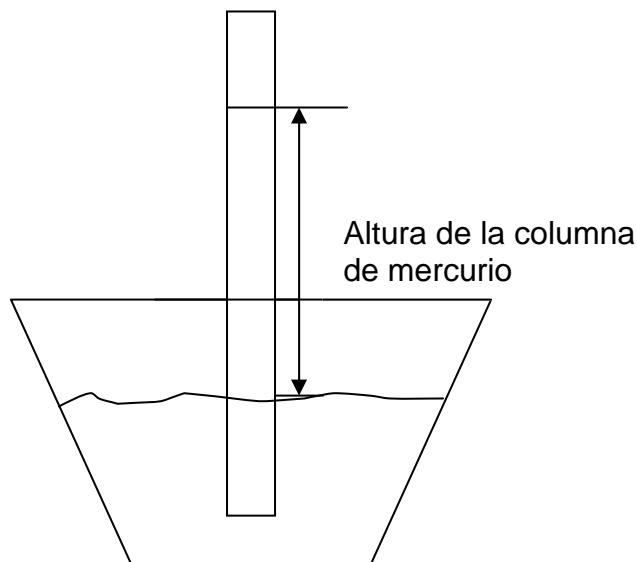


Figura 2.2 Esta figura nos muestra la construcción de un barómetro de Torricelli, que nos sirve para medir la presión atmosférica. Esta se representa por la altura de la columna de mercurio.

La atmósfera es una capa de aire constituida por el 20% de oxígeno, 79% de nitrógeno y el 1% de gases raros, debidos a su peso ejerce una presión sobre todos los cuerpos que están en contacto con él, por lo que se le llama presión atmosférica.

La presión atmosférica varia con la altura, por lo que al nivel del mar tiene su máximo valor o presión normal equivalente a:

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} = 29.9 \text{ inHg.}$$

La presión atmosférica no puede calcularse fácilmente, pero sí medirse con un barómetro. Torricelli fue el primero en construir un barómetro de mercurio en el año de 1642.

### **Presión manométrica:**

Es aquella que se mide por encima de la presión atmosférica. Los dispositivos para medir la presión manométrica se llama manómetros, por ejemplo, un manómetro de uso común es el de tubo abierto o manómetro de líquido, él cuál tiene forma de "U"; generalmente contiene mercurio, pero si se requiere mayor sensibilidad puede contener agua o alcohol. Son utilizados para medir la presión en calderas, tanques de gas o cualquier recipiente a presión.

### **Presión vacuo métrica:**

Se mide por debajo de la presión atmosférica por lo que se le conoce como presión de vacío.

### **Presión absoluta y presión relativa:**

La presión relativa es tomada como punto de referencia a otro valor dado, por ejemplo, la mayoría de los instrumentos indican la presión relativa a la presión atmosférica, y en un sistema la presión relativa se refiere al vacío perfecto o presión cero, la presión relativa al vacío perfecto se le da el nombre de presión absoluta y esta puede ser manométrica o vacuo métrica.

$$P_{ABSOLUTA} = P_{ATMOSFÉRICA} \pm P_{RELATIVA}$$

$$P_{ABSOLUTA} = P_{ATMOSFÉRICA} - P_{VACUOMÉTRICA}$$

$$P_{ABSOLUTA} = P_{ATMOSFÉRICA} + P_{MANOMÉTRICA}$$

Cuando la Presión en un sistema es menor que la presión atmosférica, la presión manométrica es negativa, pero se puede designar con un número positivo si se llama presión manométrica de vacío o vacuo métrica.

Concluyendo: La presión absoluta (psia) es la presión en libras por pulgada cuadrada, por arriba de un vacío completo. Presión manométrica (psig) es la presión en libras por pulgada cuadrada por arriba de la presión atmosférica normal de 14.696 psi,.

### Reglas de la presión:

La presión tiene ciertas reglas que es importante recordarlas para la solución de problemas de termodinámica, estas son:

- ✓ La presión es la misma en cada uno de sus puntos.
- ✓ La presión de un gas encerrado es la misma en todos los puntos que toca dicho gas.
- ✓ Dos puntos a la misma altura o profundidad de un mismo líquido conectados entre sí deberán soportar la misma presión.
- ✓ Un punto a mayor profundidad en un líquido soportará mayor presión que otro que se encuentra a menos profundidad.

### 2.3 Temperatura.

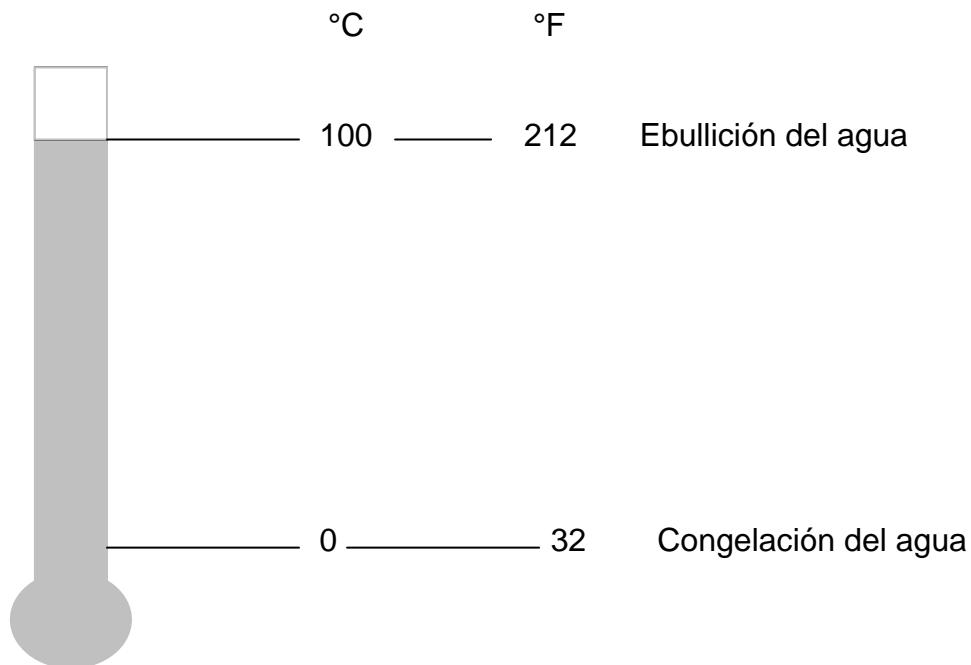


Figura 2.3 Esta figura nos muestra la construcción de un termómetro de mercurio donde se pueden apreciar las diferentes escalas con que se mide la temperatura.

La escala de temperaturas adoptada por la conferencia de 1960 se basó en una temperatura fija, la del punto triple del agua. El punto triple de una sustancia corresponde a la temperatura y presión a las que sus formas sólida, líquida y gaseosa están en equilibrio. Se asignó un valor de 273,16 K a la temperatura del punto triple del agua, mientras que el punto de congelación del agua a presión normal se tomó como 273,15 K, que equivalen exactamente a 0 °C en la escala de temperaturas de Celsius. La escala Celsius, o centígrada, toma su nombre del astrónomo sueco del siglo XVIII Anders Celsius, el primero en proponer la utilización de una escala en la que se dividiera en 100 grados el intervalo entre los puntos de congelación y ebullición del agua. Por acuerdo internacional la denominación grado Celsius ha sustituido oficialmente a la de grado centígrado. En términos generales se dice que la temperatura es una medición del calor que contienen los cuerpos, o más termodinámico, la temperatura nos mide el grado de movimiento que tienen las moléculas de un cuerpo.

## 2.4 Calor.

El calor es una forma de energía, una propiedad bien definida y medible de toda la materia. El total de calor depende del tipo y cantidad de sustancia. El calor no puede destruirse pero puede ser transferido de una sustancia caliente a otra más fría, basado en la ciencia de refrigeración.

Es la suma de la energía cinética de todas las moléculas, cuyo resultado es la ganancia o pérdida de energía interna; el calor es simplemente otra forma de energía que puede medirse sólo en función del efecto que produce. Existen 2 unidades para medir el calor:

- ✓ Caloría (cal). Es el calor necesario para aumentar la temperatura de un gramo de agua en un grado Celsius.
- ✓ Unidad Térmica Británica (BTU). Es la cantidad de calor necesario para elevar en un grado Fahrenheit la temperatura de una libra de agua.

### Capacidad calorífica:

Es la relación existente entre la cantidad de calor de una sustancia y su correspondiente elevación de temperatura:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$$

La capacidad calorífica de una sustancia tiene un valor mayor si se lleva a cabo a presión constante, que si se realiza a volumen constante, ya que al aplicar



presión constante a una sustancia, ésta sufre un aumento en su volumen, lo que provoca una disminución en su temperatura y en consecuencia, necesitará más calor para elevarla.

A volumen constante, todo el calor suministrado a la sustancia pasa a aumentar la energía cinética de las moléculas, por tanto, la temperatura se incrementa con mayor facilidad.

### **Calor específico (Ce):**

El calor específico de una sustancia, es la cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de una libra de esa sustancia, en un grado Fahrenheit. Puesto que se requiere 1Btu para elevar en un grado Fahrenheit la temperatura de una libra de agua, el calor específico del agua es 1. En otras palabras, es igual a la capacidad calorífica de dicha sustancia entre su masa:

$$Ce = \frac{C}{m},$$

y como:

$$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T},$$

sustituyendo:

$$Ce = \frac{\Delta Q}{\Delta T m},$$

por lo tanto:

$$Q = mCe\Delta T$$

En términos prácticos el Ce de una sustancia se define como la cantidad de calor necesaria para elevar en un grado la temperatura de una masa unitaria de la sustancia.

El  $C_e$  es como una inercia térmica, ya que representa la resistencia que una sustancia opone a los cambios de temperatura, por lo tanto está en función de la temperatura y la presión.

### **Calor latente:**

El calor latente de fusión, es la cantidad de calor necesaria para hacer que una sustancia pase del estado sólido al líquido, normalmente se expresa en Btu por libra, el calor latente de evaporación, es la cantidad de calor necesaria para convertir una sustancia del estado líquido, al estado de vapor o gas y se expresa en Btu por libra, el calor latente de condensación es la cantidad de

calor que debe quitarse a un vapor para convertirlo en líquido y es el mismo que el calor latente de evaporación.

Cuando solo se eleva su temperatura y su estado no se altera, una sustancia tendrá una capacidad relativamente pequeña para absorber calor en su punto de ebullición, una sustancia tiene su mayor capacidad para absorber calor, llamado calor latente de evaporación, puesto que al aumentar la presión se eleva el punto o temperatura de ebullición (temperatura a la que un líquido se evapora) y al disminuir la presión ese punto baja, era natural recurrir primero a una reducción de la presión por debajo de la atmosférica en los intentos por hacer que algunos de los líquidos mejor conocidos hirvieran a una temperatura lo suficientemente baja para producir enfriamiento artificial. En los términos más simples la energía, es la capacidad para desarrollar trabajos, puede existir en diversas formas tales como la energía térmica, mecánica, química o eléctrica y puede cambiarse de una forma a otra, por ejemplo la energía química almacenada en una batería se convierte en energía eléctrica que fluye por el circuito que enciende una lámpara (energía luminaria y energía térmica) o hacer girar un motor (energía mecánica), aunque puede ser cambiada de una forma a otra, la energía no puede crearse ni destruirse así que siempre se aplican las mismas relaciones de transformación de la energía.

La refrigeración, es el proceso de transferir calor de un área a otra, puesto que el calor es una de las formas más comunes de energía, (todas las otras formas de energía pueden convertirse eternamente en energía térmica), comprender bien algunas de las leyes físicas básicas de la energía, ayuda a comprender la refrigeración independientemente de su forma o fuente, toda la energía que entra en un sistema de refrigeración, debe al final estar balanceada con la que sale de él. En un sistema de circulación de salmuera, la energía eléctrica se convierte en energía mecánica en un motor, usada para impulsar una bomba de circulación, toda la energía mecánica que se usa para hacer circular la salmuera contra la fricción de la tubería para vencer la caída de presión, etc., se convierte en energía térmica, en un sistema que use ventiladores impulsados por motor para hacer circular el aire, la energía empleada para hacer funcionar los ventiladores se convierte íntegramente en energía térmica.

El gas refrigerante que fluye a través de una línea de succión, crea una pequeña cantidad de energía térmica, para superar la fricción de la tubería y para hacer que otro gas fluya por la misma, esto está representado por la caída de presión en la tubería y es proporcional a la velocidad del gas, las lámparas en cualquier espacio refrigerado, representan 3.4 btu de calor por cada watt de energía eléctrica consumida, estos no son sino unos cuantos ejemplos de la energía térmica que penetra en un sistema.

Hay que agregarlos al calor removido del aire o de otras sustancias que vayan a enfriarse, se sabe que todos los cuerpos están constituidos por un gran número de pequeñas partículas denominadas moléculas, las moléculas en constante movimiento, vibrando de un lado a otro, cuanto más rápido se

muevan, más caliente estará el cuerpo en la escala de Fahrenheit, 459.8 °F bajo cero (-460 °F), y se conoce como el cero absoluto, en la escala Celsius el cero absoluto está a 273.2°C en este punto no existe absolutamente vibración de las moléculas.

En consecuencia no hay calor, de acuerdo con la teoría cinética del calor, los fenómenos del calor son el resultado de la energía vibratoria de las moléculas de cualquier sustancia, en la medida en que se agrega calor a una sustancia, se produce el que las moléculas se muevan más rápidamente conforme el contenido de calor y la temperatura suben, si se añade suficiente calor.

La actividad molecular aumenta hasta que hace que el hielo se convierte en agua, si se continua agregando calor al líquido, la temperatura y la actividad molecular siguen aumentando, hasta alcanzar el punto de ebullición, la gran cantidad de calor que se necesita para iniciar esta acción de ebullición (o la conservación de un líquido en vapor) es el calor latente de evaporación, ésta es la base de la refrigeración mecánica.

Todos los líquidos tienen un punto de ebullición determinado para una presión determinada, en otras palabras todos los fluidos se comportan como el agua, que cuando se encuentran en estado líquido se evapora tan pronto como se le agrega calor, y como el agua, si se hallan en estado de vapor se condensan al quitárseles calor a una temperatura conocida como temperatura de saturación, en consecuencia la temperatura de saturación de cualquier fluido depende de la presión sobre el, si la presión aumenta, aumentará también el punto de ebullición, si la presión disminuye, el punto de ebullición bajará.

### **Cambio de fase:**

Un cambio de fase es cuando la materia pasa de un estado a otro, la fase de la materia depende de su temperatura y de la presión que se ejerce sobre ella. En los cambios de fase se produce normalmente una transferencia de energía.

- ✓ Prueba de circuito.
- ✓ Evaporación. Cambio de fase de líquido a gas que se lleva a cabo en la superficie del líquido. Es considerado como un proceso de enfriamiento.
- ✓ Condensación. Es la transformación de un gas a líquido. Este cambio de fase sucede en un proceso de calentamiento.
- ✓ Ebullición. Es el cambio de fase que ocurre en cualquier región del líquido y se forma burbujas de gas.

### **Calor sensible:**

El calor sensible, es el calor que se agrega o se quita a una sustancia y que puede medirse por medio de un cambio en la temperatura de la misma. El calor

latente es el calor que se agrega o se quita a una sustancia para producir un cambio de estado sin cambio de temperatura. Todas las sustancias pueden existir en tres diferentes condiciones o estados; sólido, líquido y gaseoso o de vapor. Es aquel que al ser suministrado a una sustancia, esta eleva su temperatura, sin que exista un cambio de fase.

$$\Delta U = Q - W$$

## 2.5 Ciclo de Carnot..

Un ciclo es un conjunto de procesos que sufre una sustancia cambiando sus condiciones en diversas maneras hasta llegar a un estado comparable al estado inicial.

El físico Francés N. Leonar Sadi Carnot (1796-1883) ideó y analizó un ciclo formado por cuatro procesos, dos isotérmicos reversibles y dos adiabáticos reversibles, el cuál se le conoce como ciclo de Carnot.

Existen dos proposiciones relacionadas con la eficiencia del Ciclo de Carnot:

- ✓ “Es imposible construir una máquina que este entre dos depósitos térmicos dados, que tenga mayor o igual eficiencia que una máquina reversible que opere entre los mismos depósitos.”
- ✓ “Todas las máquinas que operan con el ciclo de Carnot entre dos depósitos térmicos, tienen la misma eficiencia”.

Por lo tanto el Ciclo de Carnot, se considera un ciclo reversible (ideal) y todas la máquinas reales son irreversibles, por lo tanto:

- ✓ Para una máquina térmica:  $\eta_{real} < \eta_{Carnot}$
- ✓ Para un refrigerador:  $\beta_{R_{real}} < \beta_{R_{CARNOR}}$
- ✓ Para un calefactor:  $\beta_{C_{real}} < \beta_{C_{CARNOR}}$

En el análisis termodinámico se usa ampliamente el criterio de Carnot (Ciclo de Carnot) como una norma de comparación contra el rendimiento de una máquina generadora de energía (turbina o motor). Para efectos de comparación con el criterio de Carnot, se considera al sistema ideal de refrigeración constituido como una máquina de calor invertido o bomba térmica.

El criterio en esta forma convencional presupone dos niveles de temperatura constante para cambio de calor y dos procesos adiabáticos reversibles, para

ninguno de los cuales es posible su realización completa. No obstante se presenta aquí por la importancia que tienen como una medida del rendimiento máximo.

La eficiencia de Carnot para una máquina térmica esta expresada como:

La eficiencia:

$$\eta = \frac{Q_c - Q_r}{Q_c} = \frac{T_c - T_r}{T_c},$$

donde :

$T_c$  = Temperatura mayor del sistema.

$Q_c$  = Calor intercambiado a  $T_c$ .

$T_r$  = Temperatura menor en el sistema.

$Q_r$  = Calor intercambiado a  $T_r$ .

Los valores de  $Q_c$  y  $Q_r$  pueden expresarse en cualesquier unidades consistentes y  $T_c$  y  $T_r$  están expresadas en grados absolutos, grados Fahrenheit + 460 = grados Rankine.

El ciclo puede mostrarse ventajosamente, en un plano temperatura-entropía. Este plano es muy conveniente para la representación, ya que en este plano las áreas representan magnitudes de intercambio de calor.

En la siguiente figura para una máquina térmica, el calor agregado ( $Q_c$ ) desde 2 a 3 está representado por el área a 2 3 b, y la trayectoria de la expansión adiabática reversible con caída de temperatura de  $T_c$  a  $T_r$  está mostrada de 3 a 4 (no por un área).

El calor rechazado ( $Q_r$ ) está representado por el área 4 b a 1. La trayectoria de 1 a 2 representa la compresión adiabática-reversible de la temperatura  $T_r$  a  $T_c$ . En un ciclo de potencia el trabajo producido ( $W$ ) es igual a la diferencia entre el calor agregado y el calor rechazado, o

$$W = Q_c - Q_r$$

En consecuencia el área de trabajo es 1 2 3 4.

Para refrigeración el proceso es invertido; se agrega calor a la temperatura más baja  $T_r$  en la cantidad  $Q_r$ , está representado por el área 1 4 b a. La temperatura del ciclo es elevada por la compresión siguiendo la trayectoria 4 a 3. El calor es rechazado a la temperatura máxima  $T_c$  en una cantidad igual a  $Q_c$  y está representado por el área: 3, 2, a, b.

El trabajo que debe ser proporcionado por una fuente externa es  $-(Q_r - Q_c)$  y está representado por el área; 3, 2, 1, 4.

Para los sistemas de refrigeración (bomba térmica), la eficiencia convencional tiene significado, siendo conveniente introducir el término coeficiente de economía (CP).

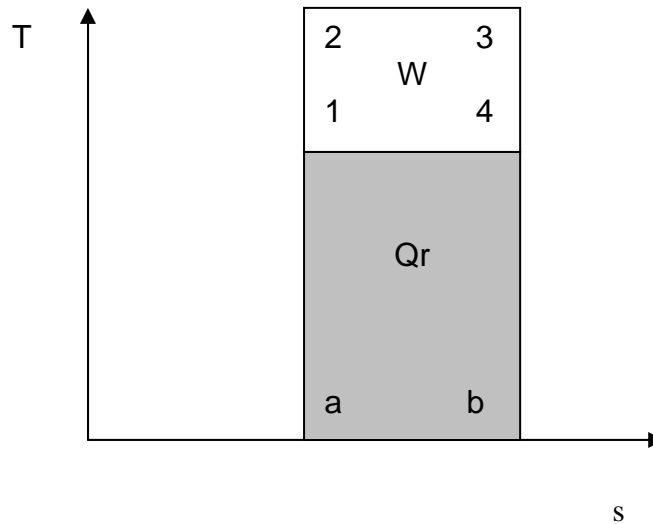


Figura 2.4 Esta figura nos el ciclo ideal de Carnot para potencia o refrigeración.

El coeficiente de economía para cualquier sistema de refrigeración, sea ideal o real, está expresado como la refrigeración producida, dividida por el trabajo necesario para producirla. Así

$$CP = \frac{Q_r}{W}$$

En base de Carnot (ideal) aparece como:

$$CP = \frac{Q_r}{Q_c - Q_r}$$

Cualesquier unidades de energía consistentes, se pueden usar para  $Q_c$  y  $Q_r$ , y  $W$  puede estar en BTU mas comúnmente en BTU por libra.

## **CAPITULO 3**

### **ANÁLISIS TERMODINÁMICO Y OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS DOMÉSTICOS DE REFRIGERACIÓN**

### **3.1 *Termodinámica del ciclo de refrigeración por compresión de vapor.***

Uno de los objetivos de este capítulo es analizar el funcionamiento, del sistema de compresión de vapor. Los datos que se incluyen se utilizan para seleccionar el equipo, ayudar en el análisis de servicio, y como una guía en las pautas de la conservación de la energía. A lo largo del texto se hará referencia al material que se presenta ahora. No se exagera si se afirma que la información que se presenta en este capítulo constituye la clave de un provechoso conocimiento de los principios de la refrigeración.

Es esencial poder determinar el funcionamiento de un sistema de refrigeración. Entre las diferentes características importantes del funcionamiento se encuentran la capacidad de enfriamiento (refrigeración), potencia requerida por el compresor, flujo de refrigerante y cantidad de calor rechazado (removido) en el condensador.

El funcionamiento del sistema se determina examinando su ciclo termodinámico. Este ciclo termodinámico está representado por la serie completa de procesos o cambios físicos que experimenta el refrigerante en el sistema. En cada componente del equipo de la planta, cambian algunas de las propiedades físicas del refrigerante; esto es, cambian las condiciones. Estos cambios se conocen con el nombre de procesos. Debido a que el refrigerante circula en un circuito cerrado, a la serie de cambios, se le llama ciclo.

Esto es cuando el refrigerante retorna al mismo lugar en el sistema, y cobra también la misma condición física. A esta situación se le aplica el nombre de operación de estado uniforme. El refrigerante fluye a un régimen constante, y sus propiedades en cualquier punto son siempre las mismas.

En el caso de ocurrir alguna perturbación, tal como un cambio de la carga, o el ajuste de una válvula, la operación puede volverse inestable por corto tiempo, ya que al cambiar el régimen de flujo, cambian las propiedades. No obstante, después de un breve período, se tienen unas nuevas condiciones uniformes.

### **3.2 *El ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor.***

En esta sección se describen los cambios termodinámicos que experimenta el refrigerante en cada parte del equipo. El Ciclo que se describe a continuación es idealmente teórico, y nunca tiene lugar. No obstante, existen razones por las que resulta conveniente examinar este caso ideal.

En primer lugar, se puede llegar a ciertas conclusiones generales acerca del funcionamiento de un sistema real, particularmente en lo que se ve afectado por los cambios en las condiciones. Además, es más sencillo estudiar y



comprender el ciclo ideal. Las diferencias que existen en los ciclos reales y sus efectos serán motivo de explicaciones posteriores.

Se supone que en el ciclo ideal no disminuye la presión como resultado de la fricción que se origina cuando el refrigerante fluye por la tubería y el equipo. Esto nunca sucede en un sistema real.

En el ciclo ideal se supone, asimismo, que no ocurren otros efectos en las tuberías entre los diferentes dispositivos. Esto es, no solamente disminuye la presión en la tubería, sino que tampoco ocurre intercambio de calor con el medio circundante, conforme el refrigerante fluye por la tubería.

En la práctica, estas suposiciones significan que la condición del refrigerante que sale de cada componente del equipo, es la misma que la que entra al siguiente componente.

En el diagrama p-h (figura 3.1) se muestra un ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor. Se muestra, además, un esquema correspondiente del sistema, el cual indica la ubicación de cada proceso. El ciclo consiste de cuatro procesos, identificados como A-B, B-C, C-D Y D-A. Estos procesos son como sigue:

<i>Línea</i>	<i>Proceso termodinámico</i>	<i>Equipo en donde ocurre</i>
A-B	Entalpía constante	Dispositivo de control de flujo (de expansión)
B-C	Presión constante	Evaporador
C-D	Entropía constante	Compresor
D-A	Presión constante	Condensador

Cada uno de estos procesos se discutirá en detalle. A fin de hacer más práctica la discusión, se ha seleccionado un juego específico de condiciones, utilizando refrigerante R-22, con los valores que se indican a continuación:

Temperatura de evaporación  $t_e = 20^\circ\text{F}$ .

Temperatura de condensación  $t_c = 100^\circ\text{F}$ .

Por supuesto, este juego de condiciones es arbitrario, y cualquier otro puede ser adecuado para el ejemplo en cuestión.

El proceso en el dispositivo de control de flujo (a entalpía constante) :

El punto A (figura 3.1) representa la condición del refrigerante que sale del condensador y entra al dispositivo de control de flujo, puesto que se supone que no tienen lugar cambios en la tubería.

El refrigerante sale del condensador y entra al dispositivo de control de flujo como un líquido saturado a la temperatura de condensación. La correspondiente presión de condensación (presión del lado de alta) es de 210.6 lb/pulg<sup>2</sup> abs.

Cuando el refrigerante fluye a través de la restricción en el dispositivo de control de flujo, su presión cae súbitamente hasta la presión del lado de baja, en B. A este proceso se le llama a veces estrangulación o expansión.

Debido a que el refrigerante fluye con gran rapidez y a que el dispositivo de control de flujo tiene una superficie muy pequeña, no existe prácticamente intercambio alguno de calor entre el refrigerante y el medio circundante. Puesto que no hay transferencia de calor de o hacia el refrigerante, no cambia su entalpía. Esto está de acuerdo con la ecuación de la energía. Se puede entonces llegar a la conclusión de que:

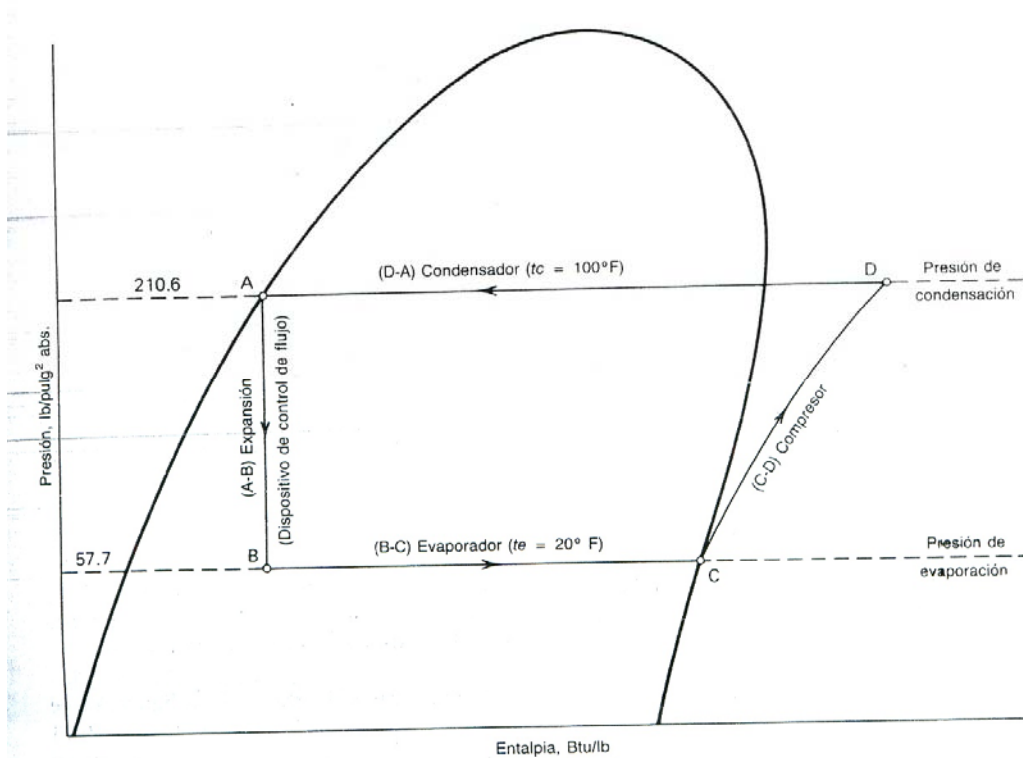


Figura 3.1 Ciclo ideal de refrigeración por compresión de vapor en el diagrama p - h.

El proceso del ciclo ideal a través del dispositivo de control de flujo es un proceso a entalpía constante.

La línea A-B del proceso es, por lo tanto, una línea vertical (sin cambio de entalpía) que baja hasta la presión de evaporación (presión del lado de baja), correspondiente a la temperatura de evaporación. Esta presión es la presión de saturación a 20°F, la cual es de 57.7 lb/pulg<sup>2</sup> abs para el refrigerante R-22.

El refrigerante que entra al dispositivo de control de flujo es un líquido saturado a una temperatura relativamente alta, 100°F (punto A). A la salida del dispositivo de control de flujo se halla a una baja temperatura, 20°F, y es una mezcla de líquido y vapor (punto B). Como el refrigerante no cede ningún calor al medio circundante y tiene la misma entalpía, se puede preguntar cómo es que se enfría.

La respuesta estriba en el hecho de que una parte del líquido se evapora debido a la súbita caída de presión. El calor latente de evaporación necesario para que esto ocurra se toma de la propia mezcla, procediendo así a su enfriamiento. Expresado de una manera diferente, el calor sensible (y por consiguiente, la temperatura) del refrigerante disminuye, mientras que su calor latente aumenta en la misma cantidad.

Se observará que la ubicación del punto B en el diagrama p-h, confirma que parte del refrigerante se ha evaporado en el proceso de expansión. Este vapor se conoce como el gas de vaporización súbita. El porcentaje de masa del gas de vaporización súbita se conoce como la calidad de la mezcla, la cual se determina dentro del diagrama p-h.

Ejemplo 3.1 Determinar el porcentaje de gas de vaporización súbita correspondiente al refrigerante R-22, para el ciclo ideal por compresión de vapor. Al dispositivo de control de flujo entra líquido saturado a 100°F, y la temperatura de evaporación es de 20°F.

Solución: En el diagrama se traza la línea de proceso A-B (figura 3.2).

El porcentaje de gas de vaporización súbita en B se puede leer directamente, si se muestran las líneas de calidad.

También se pueden utilizar ecuaciones si se utilizan las tablas correspondientes.

Si se utilizan las líneas de calidad, el resultado es:

Porcentaje del gas de vaporización súbita = 25 por ciento

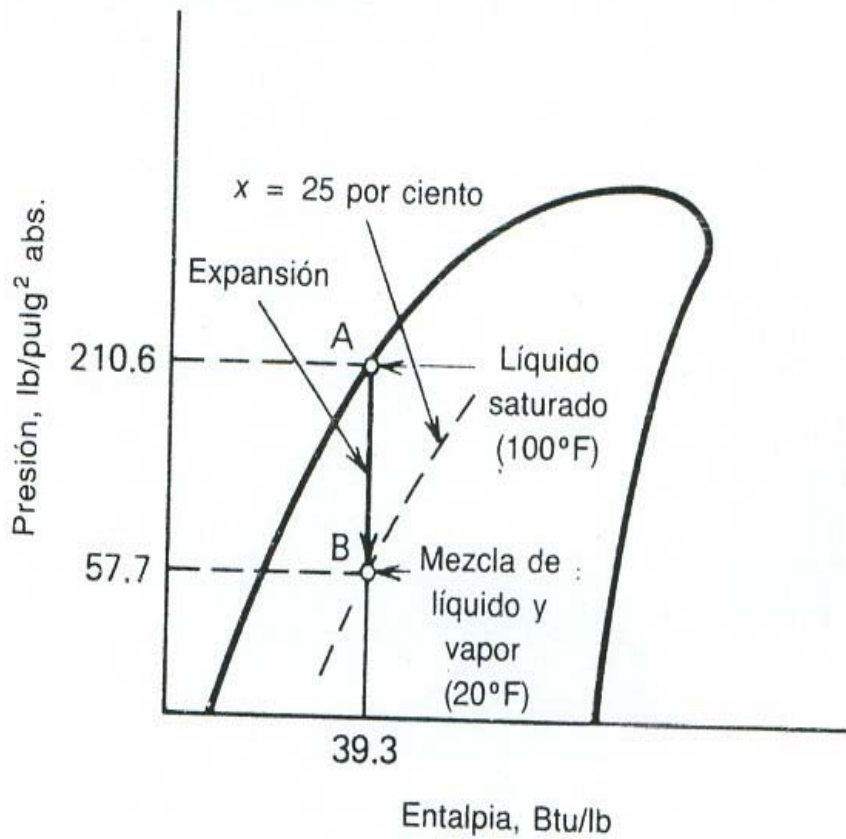


Figura 3.2 Proceso de expansión (estrangulación) A-B, del ciclo ideal, o entalpía constante.

### 3.3 El proceso en el evaporador (a presión constante).

En el ciclo ideal, la condición en el punto B a la salida del dispositivo de control de flujo, se supone que es la condición a la entrada del evaporador. Se supone, asimismo, que no hay caída de presión a través del evaporador.

El proceso del ciclo ideal a través del evaporador, es un proceso a presión constante.

La carga que se debe enfriar está a una temperatura más elevada que la del refrigerante en el evaporador, por consiguiente, el calor fluye través de las paredes de los tubos del evaporador, de la carga al refrigerante. Como el refrigerante líquido en el evaporador ya se encuentra en un estado saturado, el calor adquirido hace que se evapore cuando fluye por el evaporador.

La línea de proceso B-C en el evaporador es, por consiguiente, una línea horizontal (a presión constante), y dirigida hacia la derecha, puesto que el

refrigerante gana calor y aumenta su entalpía. El refrigerante sale del evaporador como un vapor saturado (punto C) en el ciclo ideal (figura 3.3). Ésta es la condición normal en un evaporador del tipo inundado. En los evaporadores del tipo de expansión directa, el refrigerante generalmente sale del evaporador en un estado de vapor sobrecalentado. La descripción de estos tipos de evaporadores y las razones por las cuales las condiciones de salida son diferentes, se explicarán más adelante.

### 3.4 El efecto de refrigeración.

El aumento de la entalpía del refrigerante en el evaporador se conoce como el efecto de refrigeración (ER.), Y se expresa en Btu/lb o, kJ/Kg.

Se le llama efecto de refrigeración debido a que representa asimismo la cantidad de calor removido del medio que se debe enfriar por cada libra o kilogramo de refrigerante que fluye. Esto se deduce de la ecuación de la energía.

Esto es:

$$E.R. = h_c - h_b = h_c - h_a \quad (3.1)$$

donde:

E.R = efecto de refrigeración en Btullb.

hc = entalpía del refrigerante a la salida del evaporador en Btullb.

hb = ha = entalpía del refrigerante a la entrada del evaporador en Btullb.

Debe observarse que el valor de la entalpía, hb, a la entrada del evaporador, tiene el mismo valor, ha, a la entrada del dispositivo de control de flujo. Esto es cierto, puesto que el proceso A-B es a entalpía constante.

Por esta razón, para obtener una mayor precisión, es mejor leer los valores de he Y ha en las tablas de saturación, en lugar de obtenerlos del diagrama p - h, como se ve en el ejemplo siguiente.

Ejemplo 3.2 ¿Cuál es el efecto de refrigeración del ciclo ideal, correspondiente al refrigerante R-22, que se muestra en la figura 4.3 y que opera a las temperaturas de evaporización y condensación de 20°F y 100°F, respectivamente?

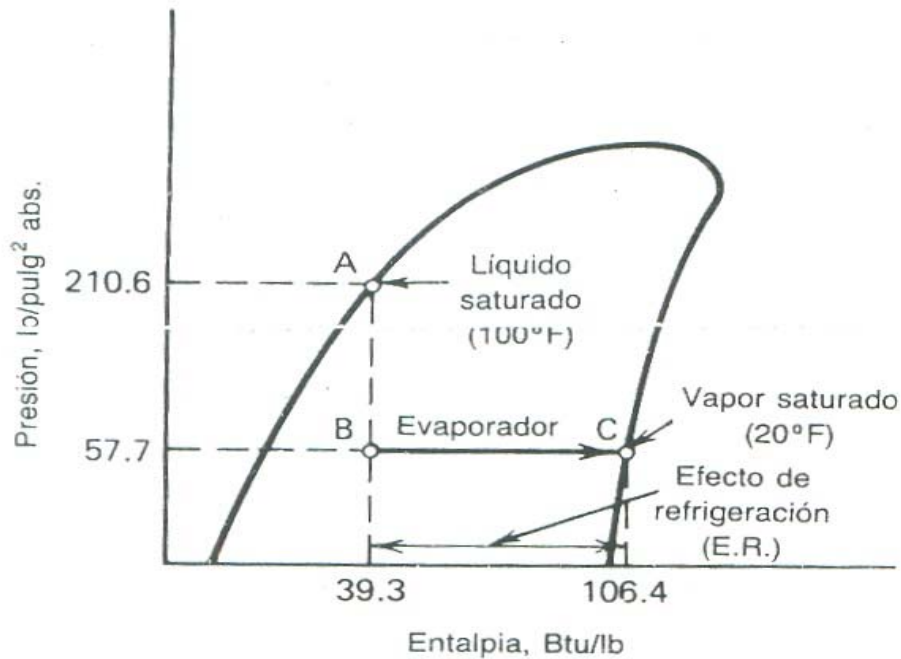


Figura 3.3 Proceso en el evaporador B-C, del ciclo ideal, a presión constante.

Solución: Se utiliza la ecuación 3.1, y los valores de  $h_c$ , y  $h_a$ , se leen en las tablas de las propiedades saturadas correspondientes al R-22. De tal manera;

$$h_c = 106.4 \text{ Btu/lb (vapor saturado a } 20^\circ\text{F)}$$

$$h_a = h_b = 39.3 \text{ Btu/lb (líquido saturado a } 100^\circ\text{F)}$$

$$\text{E.R.} = 106.4 - 39.3 = 67.1 \text{ Btu/lb}$$

### 3.5 El flujo másico de refrigerante.

El flujo másico que circula a través de un sistema con el fin de producir una capacidad dada de refrigeración, se puede hallar como se indica a continuación:

$$m = \frac{Q_e}{\text{E.R.}} \quad (3.2)$$

donde:

$m$  = flujo másico en lb/min.

$Q_e$ , = capacidad de refrigeración del sistema en Btu/min.

E.R = efecto de refrigeración en Btu/lb.

A fin de poder comparar el funcionamiento de sistemas que operan a diferentes condiciones, resulta conveniente hallar el flujo del refrigerante por tonelada de refrigeración. En este caso, como 1 tonelada = 200 Btu/min, la ecuación 3.2 se convierte en

$$m = \frac{200}{E.R.} \quad (3.3)$$

donde:

m = flujo másico en lb/min por tonelada.

Ejemplo 3.3 ¿Cuál es el flujo másico del refrigerante R-22 correspondiente al sistema del ciclo ideal, que opera a las temperaturas de evaporación y condensación de 20°F y 100°F respectivamente, descrito en el ejemplo 3.2, si el sistema tiene una capacidad de refrigeración de 20 toneladas?

Solución: Se utiliza la ecuación 3.2, debiéndose expresar la capacidad de refrigeración en Btu/min.

$$Q_e = 20 \text{ ton} \cdot x \frac{200 \text{ Btu} / \text{min}}{1 \text{ ton}} = 4,000 \text{ Btu} / \text{min}$$

Se tiene del ejemplo 3.2,

$$E.R = 67.1 \text{ Btu/lb}$$

$$m = \frac{Q_e}{E.R} = \frac{4,000 \text{ Btu} / \text{min}}{67.1 \text{ Btu} / \text{lb}} = 59.6 \text{ lb} / \text{min}$$

### **3.6 El proceso en el compresor (a entropía constante).**

Se supone que en el ciclo ideal no hay cambios, como la caída de presión o el intercambio de calor en la línea de succión. Por consiguiente, la condición C del refrigerante a la salida del evaporador es asimismo, la condición a la entrada del compresor.

En el proceso ideal de compresión no existe intercambio de calor entre el refrigerante y el medio circundante (llamado un proceso adiabático); además, no existe fricción. Se puede demostrar que en un proceso adiabático sin fricción, no hay cambio en la entropía del gas, cuando éste se comprime.

Un proceso a entro. pía constante, se conoce también como un proceso isentrópico.

El proceso del ciclo ideal a través del compresor, es un proceso a entropía constante (isentrópico).

La línea C-D del proceso a entropía constante se muestra en el diagrama p - h de la figura 3.4. Se traza una línea de entropía constante desde el punto C, que corresponde a la condición de la entrada del compresor. La presión de descarga, a la salida del compresor, es la presión de condensación.

Por lo tanto, el punto D, que corresponde a la condición de salida del compresor, se localiza en la intersección de las líneas de entropía constante y de presión de condensación.

### **3.7 El calor de compresión y el trabajo de compresión.**

Cuando se comprime el refrigerante, aumenta su presión, temperatura y entalpía. El calor de compresión (C.C.) se define como el aumento de la entalpía del refrigerante, como resultado de la compresión. Como se ve en la figura 3.4, este valor resulta ser:

$$\text{C.C.} = h_d - h_c \text{ en Btullb.} \quad (3.4)$$

Ejemplo 3.4 Determinar el calor de compresión y la temperatura de descarga correspondientes al ciclo ideal del refrigerante R-22, que opera a las temperaturas de evaporación y condensación de 20°F y 100°F respectivamente (figura 3.4).

Solución: Se utiliza el diagrama p - h correspondiente al R-22. Desde el punto C, o sea la condición a la entrada del compresor, se traza una línea paralela a la línea más cercana de entropía constante. El punto D se localiza en la intersección de las líneas de entropía y de presión de descarga (condensación)- Se leen los valores de  $h_c$ , y  $h_d$ , utilizando la ecuación 3.4, se tiene que

$$\text{C.C.} = h_d - h_c = 120 - 106.4 = 13.6 \text{ Btullb}$$

La temperatura en el punto D es de 140° F.

Se requiere trabajo para accionar el compresor, a fin de comprimir el vapor refrigerante. Se deduce de la ecuación de la energía, que la energía agregada al gas en forma de trabajo, aumenta en la misma cantidad el contenido de energía del refrigerante, en forma de entalpía. Esto es, el trabajo de



compresión es igual al calor de compresión, expresado en las mismas unidades.

$$w = C.C. = h_d - h_c \quad (3.5)$$

donde:

$W$  = trabajo de compresión en Btu/lb.

$h_d - h_c$  = aumento de la entalpía del refrigerante en el compresor en Btu/lb

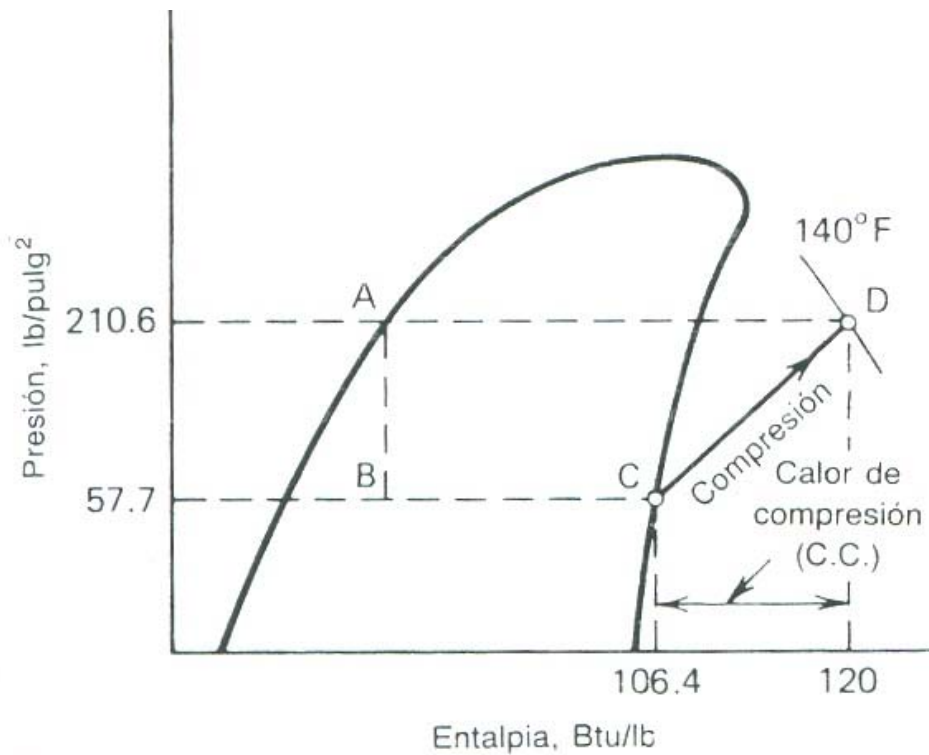


Figura 3.4 Proceso de compresión C-D, del ciclo ideal, a entropía constante.

### 3.8 Potencia teórica requerida por el compresor.

Generalmente conviene más determinar la cantidad de potencia necesaria para accionar el compresor, que determinar el trabajo requerido- Esta potencia se puede hallar a partir del trabajo de compresión y del flujo másico, utilizando la siguiente ecuación:

$$P=W \times m \quad (3.6)$$

donde:

$P$  = potencia teórica requerida por el compresor en Btu/min.

$W$  = trabajo (calor) de compresión en Btullb.

$m$  = flujo másico en lb/min.

Conviene más expresar la potencia del compresor en unidades de caballos de fuerza, que en Btu/min. Resulta también conveniente determinar la potencia requerida en caballos por tonelada de refrigeración, a fin de poder comparar el efecto que se obtiene al operar bajo condiciones diferentes. Esto se ilustra en el ejemplo siguiente.

Ejemplo 3.5 Determinar los caballos de fuerza requeridos por tonelada en un sistema de ciclo ideal, el cual utiliza refrigerante R-22 y opera con temperaturas de evaporación y condensación de 20°F y 100°F respectivamente. Al compresor entra vapor saturado.

Solución El trabajo de compresión, que es igual al calor de compresión, así como el efecto de refrigeración, ya se determinaron en los ejemplos 3.4 y 3.2 respectivamente. Éstos son:

$$W = h_d - h_c = 13.6 \text{ Btullb.}$$

$$E.R. = h_c - h_a = 67.1 \text{ Btullb.}$$

donde:

$W$  = trabajo de compresión.

El flujo másico del refrigerante es, utilizando la ecuación 3.3.

$$m = \frac{200}{E.R} = \frac{200}{67.1} = 2.98 \text{ lb / min. por...t}$$

La potencia requerida para la compresión es:

$$P = W \cdot m = 13.6 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}} \times 2.98 \frac{\text{lb}}{\text{min}} \cdot \text{por...T} = 40.5 \text{ Btu / min. por..t}$$

Expresada en unidades de hp o kW,

$$\begin{aligned} P &= 40.5 \text{ Btu} / \text{min} \dots \text{por} \dots \text{tx} \frac{1 \text{ hp}}{42.4 \text{ Btu} / \text{min}} \\ &= 0.96 \text{ hp} / t \\ &= 40.5 \text{ Btu} / \text{min} \dots \text{por} \dots \text{tx} \frac{1 \text{ kW}}{56.9 \text{ Btu} / \text{min}} \\ &= 0.71 \text{ kW} / t \end{aligned}$$

La potencia requerida para accionar el compresor en el ciclo ideal se llama la potencia teórica. Existe un hecho muy importante relacionado con dicha potencia.

La potencia teórica mínima requerida para accionar el compresor tiene lugar en el ciclo ideal, cualesquiera que sean las condiciones dadas. La importancia de esta afirmación estriba en el hecho de que la potencia requerida en un sistema real, se puede medir y comparar con la mejor situación posible, que es el ciclo ideal.

Esto provee un objetivo cuando se persiguen propósitos de llevar al mínimo el consumo de energía. Este objetivo no se puede alcanzar nunca, pero suministra un buen marco de referencia. Es necesario conocer la potencia mínima, debido al hecho de que la compresión es un proceso isentrópico (adiabático y sin fricción). La prueba de este aserto se puede hallar en cualquier texto de termodinámica.

### **3.9 Desplazamiento teórico requerido por el compresor.**

Una vez que se ha determinado el flujo másico del refrigerante, se puede calcular el flujo volumétrico. Este flujo volumétrico varía, dependiendo del punto en el sistema donde se determine, puesto que el volumen específico del refrigerante varía también. Por lo general, el flujo volumétrico se calcula a la entrada de succión del compresor.

Al volumen de gas que el compresor debe ser capaz de manejar en el ciclo ideal, se le llama desplazamiento teórico del compresor.

Éste se determina mediante la siguiente ecuación:

$$V_t = v \cdot x \cdot m \tag{3.7}$$

donde:

$V_t$  = desplazamiento teórico del compresor en  $\text{pie}^3/\text{min}$ .

$v$  = volumen específico del refrigerante en la solución del compresor, en  $\text{pie}^3/\text{min}$ .

$m$  = flujo másico del refrigerante, en  $\text{lb}/\text{min}$

**Ejemplo 3.6** Determinar el desplazamiento teórico requerido en el compresor para un sistema con ciclo ideal, cuya capacidad es de 20 toneladas y que utiliza refrigerante R-22. Las temperaturas de evaporación y condensación son de  $20^\circ\text{F}$  y  $100^\circ\text{F}$  respectivamente. Al compresor entra vapor saturado.

**Solución.** Se utiliza la ecuación 3.7. El flujo másico se calculó previamente para dichas condiciones en el ejemplo 3.3. Debido a que es necesario determinar el desplazamiento del compresor, se utiliza el volumen específico del vapor saturado a  $20^\circ\text{F}$ , o sea la succión del compresor  $r$ .

$$V_t = v \times m = 0.936 \text{ pie}^3/\text{lb} \times 59.6 \text{ lb}/\text{min} = 55.8 \text{ pie}^3/\text{min}$$

El desplazamiento requerido por el compresor para el ciclo ideal, se conoce como el desplazamiento teórico, ya que es el mínimo desplazamiento posible.

### **3.10 El proceso en el condensador (a presión constante).**

Se supone que en el ciclo ideal no hay caída de presión o intercambio de calor en la línea de descarga del gas caliente. Por consiguiente, la condición D del refrigerante, a la salida del compresor, es también la condición a la entrada del condensador. Se supone, asimismo, que no hay caída de presión a través del condensador. El proceso del ciclo ideal a través del condensador, es un proceso a presión constante.

Se remueve calor del vapor refrigerante sobrecalentado que entra al condensador, para primero reducir su temperatura al punto de saturación, y luego condensarlo. Se provee con este fin, un fluido de enfriamiento a una temperatura más baja que la temperatura de saturación.

El refrigerante sale del condensador como un líquido saturado, punto A. En muchos sistemas, el refrigerante se subenfía todavía más, por debajo de la temperatura de saturación. Este caso se discute más adelante.

La línea de proceso D-A en el condensador (figura 3.5) es, por consiguiente, una línea horizontal en el diagrama  $p - h$ , dirigida de derecha a izquierda (remoción de calor), a la presión del lado de alta (de condensación).

El refrigerante ha completado un ciclo, y se halla en las mismas condiciones que cuando se inició el análisis.

### 3.11 El calor rechazado.

El calor de rechazo (C.R.) se define como la cantidad de calor removido por libra de refrigerante, en el condensador. Como se ve en la figura 3.5, esto equivale a la disminución de la entalpía del refrigerante.

La cantidad total de calor de rechazo del condensador ( $Q_c$ ) en Btu/min se obtiene mediante la ecuación:

$$Q_c = m (h_d - h_a) \quad (3.9)$$

$$\text{C.R.} = h_d - h_a \quad (3.8)$$

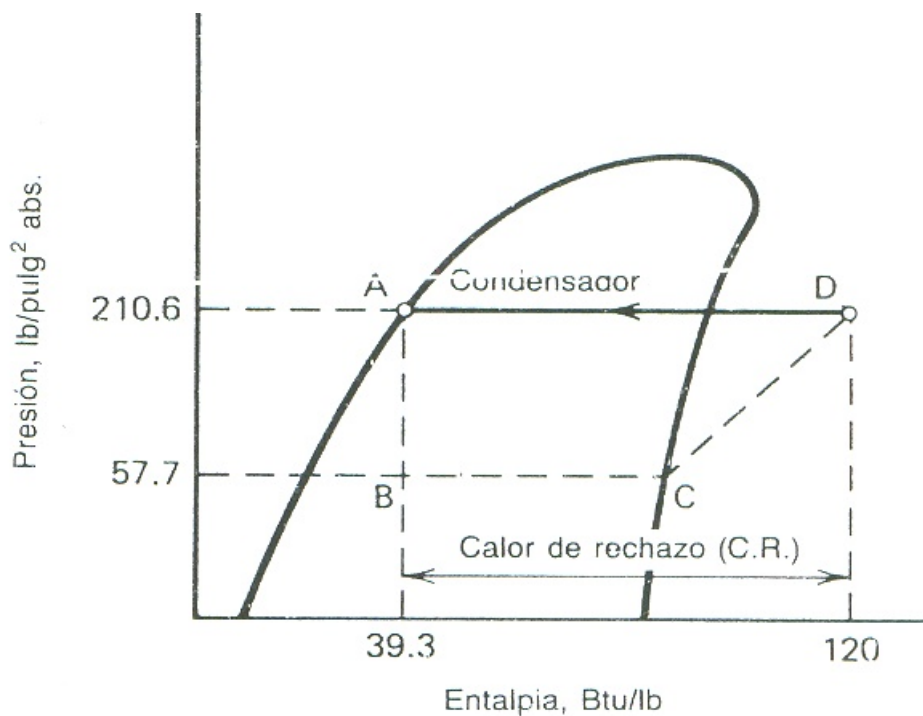


Figura 3.5 Proceso en el condensador O-A, del ciclo ideal, a presión constante.

### 3.12 Equipos de refrigeración doméstica.

Dentro de la refrigeración doméstica tenemos actualmente en el mercado una gran variedad de aparatos que ofrece el fabricante hacia el consumidor que va desde equipos sencillo como un frigobar hasta uno mas sofisticado con deshielo y ice maker.

Analizar con detalle cada uno de los equipos existentes es una labor muy ardua, por lo que aquí solo trataremos los mas comunes que a continuación se enlista.

### 3.13 Refrigeradores dúplex.

Se denomina refrigeradores dúplex a aquellos refrigeradores en los cuales se dividen o se separan los compartimientos de congeladores y de refrigeración. Tales compartimientos están provistos cada uno de una puerta independiente para facilitar el acceso a su interior. Por su funcionamiento en y construcción los refrigeradores dúplex se dividen en dos tipos , anotados a continuación :

- ✓ Refrigeradores dúplex de cortina desechable.
- ✓ Refrigeradores dúplex de libre escarcha.

Existe una variante entre los refrigeradores dúplex de ambos tipos y es la de los refrigeradores de sistemas de refrigeración de deshielo manual o de botón de auto deshielo.

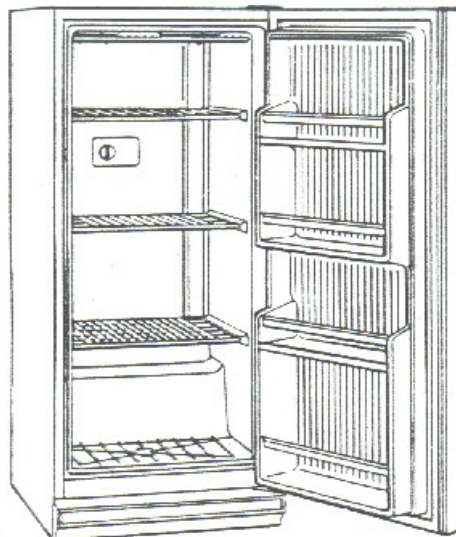


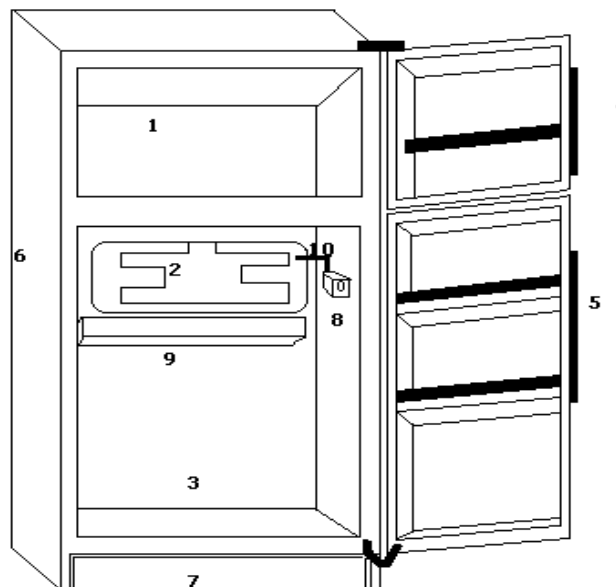
Figura 3.6 Refrigerador doméstico típico.

### 3.14 Refrigeradores dúplex con cortina desechable.

Los sistemas de refrigeración en los refrigeradores dúplex de cortina desechable no varían mayormente respecto a los sistemas de refrigeradores sencillos. El evaporador o congelador también opera cubierto de hielo o escarcha y se monta o acondiciona en la parte superior del gabinete o en la izquierda del mismo. Los refrigeradores dúplex de cortina desechable que llevan el mismo evaporador , reciben el nombre de dúplex horizontales de cortina desechable ; mientras los que tienen el gabinete de congelación y su puerta de lado izquierdo se denominan dúplex verticales de cortina desechable.

### 3.15 Refrigeradores dúplex horizontales con cortina desechable.

Se denominan refrigeradores dúplex horizontales de cortina desechable a los sistemas de refrigeración en los cuales se separan el compartimiento de congelación del de refrigeración. El congelador se coloca en la parte superior del gabinete , y es mas pequeño que el compartimiento de refrigeración , y trabaja completamente lleno de escarcha ; mientras que el compartimiento de refrigeración se encuentra colocada una prolongación del evaporador , ya sea en forma de serpentin , o bien , como una placa provista de venas idéntica a la del evaporador del congelador , solo que mas pequeña . Este serpentin o placa recibe el nombre evaporador secundario o placa de cortina desechable , ya que se congela después que el evaporador principal o evaporador primario.



1. Compartimiento de congelador y evaporador primario.
2. Evaporador secundario o placa de cortina desechable.
3. Compartimiento de refrigeración.
4. Puerta del congelador.
5. Puerta del congelador.
6. Gabinete.
7. Zoclo.
8. Control automático de temperatura.
9. Colector de desagüe del evaporador secundario.
10. Bulbo de contacto del control automático de temperatura.

Figura 3.7 Refrigerador dúplex horizontal de cortina desechable.

En algunos sistemas de refrigeración que emplea el control automático de temperatura Bendix modelo 12MQ4 , el evaporador secundario es el primero en enfriarse cuando el sistema empieza a funcionar . Esto depende principalmente del diseño y del fabricante . En los modelos actuales el evaporador secundario es el ultimo en congelarse , y es el encargado de absorber el calor del compartimiento de refrigeración , además de conducir el calor absorbido en el evaporador principal hacia el compresor.

Se llama cortina desechable cuando se crea una cortina de escarcha en la placa o evaporador secundario , que después se desecha al deshielarse.

La creación de esta cortina desechable de escarcha mantiene una temperatura en el compartimiento de refrigeración comprendida entre los 2 y 8 °C , en tanto en que el congelador la temperatura media es de -15 °C , según el numero en el que se encuentre el control automático de temperatura.

Los alimentos que requiere congelarse se depositan en el compartimiento superior o congelador (evaporador primario). Al separarse los dos compartimientos y proveerse de puertas independientes, la acumulación de escarcha en el evaporador primario es menor que en los refrigeradores sencillos, ya que como se abren con menor frecuencia la puerta del congelador, el aire caliente que penetra en el misma . Normalmente se abre mas veces la puerta del compartimiento de refrigeración, ya que es esta la que almacena los alimentos de consumo mas comunes; por lo que el calor que penetra por convencional abrir la puerta se desaloja por el evaporador secundario en forma antes descrita.

### **3.16 Refrigeradores dúplex verticales con cortina desechable.**

La variación del dúplex vertical de cortina desechable ofrece una mayor capacidad de congelación y refrigeración que el tipo anterior, por lo que los sistemas de refrigeración son mas grandes, así como los gabinetes. Estos dúplex se construyen con una serie de evaporadores primarios distribuidos en el compartimiento de congelación, en forma de gavetas a todo lo largo . Los mas comunes en México son los que fabrican Mabe y Kelvinator. Normalmente en el congelador se hallan distribuidos cuatro evaporadores primarios, y con el evaporador secundario del compartimiento de refrigeración, se completa un total de cinco evaporadores.

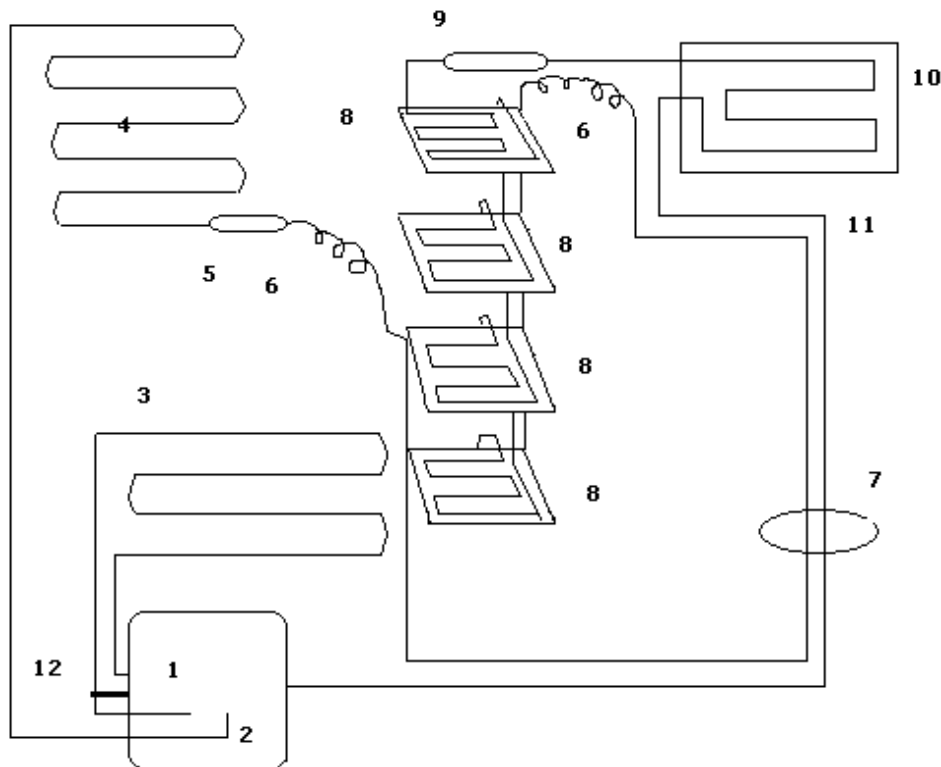
La congelación se produce cuando el refrigerante penetra primero en el evaporador primario que se halla en la parte superior del compartimiento del congelador, lo corre y después circula hacia el evaporador primario que se encuentra en el piso del mismo compartimiento, o bien, el que esta el fondo.

Después de recorrerlos sube al siguiente; lo corre y circula al superior, al que también corre, y se desplaza, por ultimo, a la trampa de liquido que se conecta



en el evaporador primario mas alto y el evaporador secundario, el cual se encuentra en el compartimiento de refrigeración vecino.

Igualmente, la cortina de escarcha que se crea en el evaporador secundario se derrite y desecha en cada periodo de funcionamiento del sistema de refrigeración, mientras que todos los evaporadores primarios que congelan siempre se encuentran cubiertas de escarcha.



1. Compresor.
2. Tubos de enfriamiento de aceite del compresor.
3. Condensador auxiliar para el enfriamiento del aceite.
4. Condensador principal.
5. Filtro-deshidratador.
6. Línea capilar.
7. Intercambiador de temperatura.
8. Evaporadores primarios.
9. Trampa de líquido.
10. Evaporador secundario o placa de cortina desechable.
11. Línea de baja presión o de retorno.
12. Tubo de baja presión del compresor para servicio.

Figura 3.8 Sistema de refrigeración del refrigerador dúplex vertical de cortina desechable.

La función de la trampa de líquido en estos sistemas de refrigeración es la de evitar que el evaporador primario mas alto del congelador se deshiele también como el evaporador secundario del refrigerador, almacenar refrigerante en estado líquido que tarda mas en evaporarse. De ahí que la trampa de líquido tenga un diámetro mas grande que el de las tuberías que interconectan a los evaporadores primarios.

El gabinete se encuentra provisto de una bandejita colectora de agua de deshielo del evaporador secundario y de un conducto de manguera para conducir hacia la bandeja, en que finalmente se evapora por la acción del calor del sistema de refrigeración. El control automático de temperatura de este sistema funciona de la misma manera que en el tipo anterior e igualmente su capilar o bulbo de contacto va conectado al evaporador secundario, para funcionar de acuerdo con la temperatura que este registrada.

El control automático de temperatura que se ha escogido para explicar los diferentes ajustes de que consta un sistema de refrigeración de este tipo es un control de tipo Bendix modelo 15MXD.

Algunos refrigeradores tienen una tercera conexión en el control automático de temperatura, la cual corresponde a una resistencia calefactora adicional que va conectada en el posterior del evaporador secundario y cuya acción acelera el deshielo de la misma, para evitar que se pierda demasiado temperatura en el congelador mientras que en el refrigerador se encuentra detenido porque el evaporador secundario esta en deshielo.

Este tercer conector se acciona de acuerdo con la temperatura del evaporador secundario y la señal del funcionamiento le llega por medio del bulbo de contacto del control automático de temperatura. Por ser estos automáticos y de construcción y ajuste delicado, en caso de funcionar incorrectamente se recomienda sustituirlo por los controles automáticos de temperatura del mismo tipo, nuevos o en buen estado.

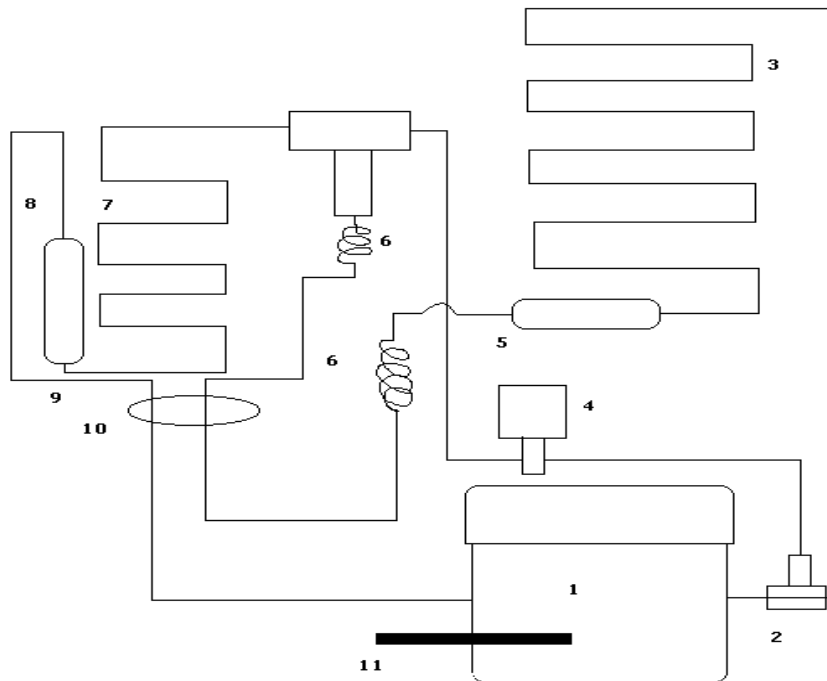
### **3.17 Refrigeradores de deshielo manual por válvula solenoide.**

Como variante dentro de los sistemas sencillos de refrigeración doméstica y sistema dúplex se encuentran los refrigeradores provistos de deshielo accionados manualmente. Estos sistemas se encuentran provistos de un aditamento conocido como válvula solenoide de deshielo. El sistema de refrigeración lleva una tubería extra que se encuentra entre la salida de la línea de alta presión del compresor y la entrada capilar al evaporador.

#### **Funcionamiento:**

Por lo mas común los refrigeradores de sistema de refrigeración de deshielo manual se fabrica en serie por Acros, incluidos entre sus modelos de línea

desde hace aproximadamente 15 años. Al tener un sistema de refrigeración común implantado con un sistema de deshielo manual, el costo del equipo aumenta considerablemente.



1. Compresor.
2. T soldable.
3. Condensador.
4. Válvula solenoide de deshielo.
5. Filtro-deshidratador.
6. Línea capilar.
7. Evaporador.
8. Trampa de líquido.
9. Línea de baja presión o de retorno.
10. Intercambiador de temperatura.
11. Tubo de baja presión del compresor para servicio.

Figura 3.9 Sistema de refrigeración de deshielo manual por válvula solenoide.

### Sistema por resistencia calefactor:

La mañana en un domingo. Si apenas a completado tres o cuatro horas de trabajo y el timer se encontraba adelante cuando se encontró el refrigerio dúplex, al llegar al ciclo de deshielo no tendrá la suficiente cantidad de escarcha para que se accione el termostato de resistencia del deshielo. El sistema de refrigeración durara detenido los 20 minutos de rigor de deshielo, pero el sistema no se calentara, por lo que al reanudarse el ciclo de

refrigeración existirá la misma cantidad de escarcha en el serpentín de evaporación que antes de efectuar el deshielo.

Este es un método de protección para la resistencia de deshielos, ya que si funcionara si existir demasiada escarcha en el evaporador podría dañarse por un calentamiento excesivo, el cual acelera la perdidas de frío en el gabinete y provocara que al volver a enfriar el equipo el compresor trabajara en exceso. El caso de que excita demasiada escarcha para que encienda el termómetro  
Funcionamiento del reloj de deshielo automático:

En el interior del reloj de deshielo automático se encuentra una serie de tres platinos; el denominado común se encuentra conectado en el centro y es el que alimenta a los otros dos. Este platino también proporciona corriente eléctrica al motor eléctrico del reloj. El platino de la extrema izquierda proporciona corriente para el motor eléctrico del reloj difusor del extrema izquierda y se encuentra conectado durante el periodo mas amplio.

El platino del lado derecho es el que alimenta a la válvula solenoide de deshielo. Por ultimo, la terminal que se encuentra en lado extremo derecho alimenta únicamente con corriente a la otra punta del motor eléctrico del reloj.

Los platinos van montados sobre delgadas muelles de bronce que tienen una presión determinada. Para hacer que se desconecten y conecten, uno de los engranajes movidos por el motor eléctrico del reloj tiene una especie de rondana en forma de caracol que cumple con dicha función.

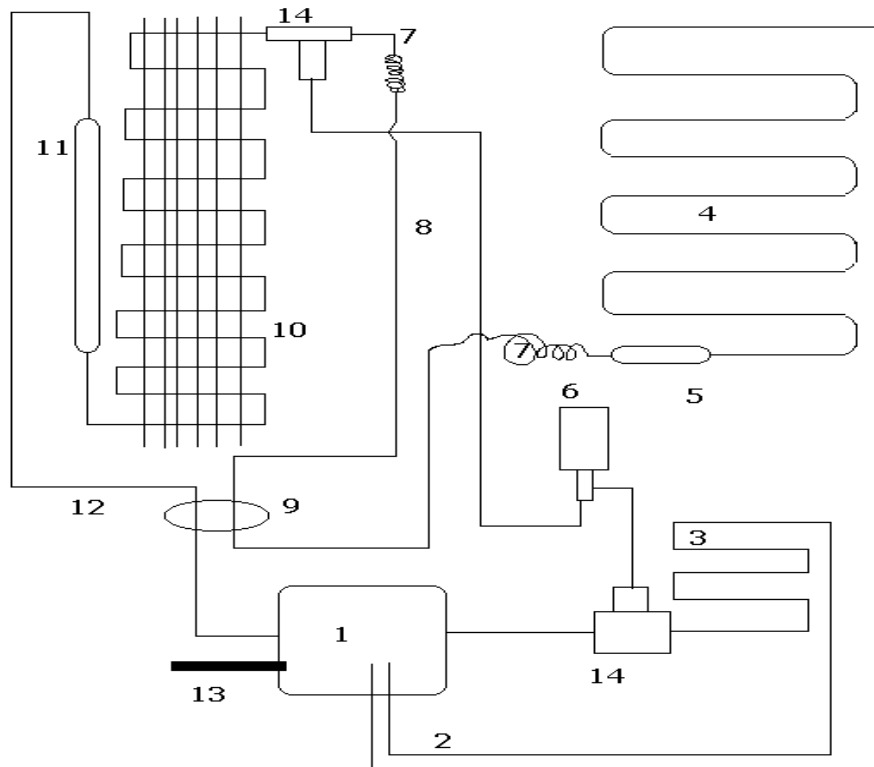
La tensión que ejerce las muelles provistas de platinos sobre la rondana bastante alta, para evitar la creación de un arco voltaico muy elevado que provocaría la destrucción en poco tiempo de los platinos.

### **Sistema de refrigeración de los refrigeradores con deshielo automático por válvula solenoide:**

En todos los sistemas de refrigeración vistos anteriormente en el presente trabajo de titulación, se abra observado que funcionan por medio de la irradiación del frío desde una placa metálica escarchada o completa de hielo. Estos sistemas de refrigeración implantan por si mismos el deshielo automático, trabajan por medio de convección es decir por medio de aire forzado.

En estos sistemas de refrigeración el evaporador se encuentra oculto tras una pared falsa en el interior del compartimiento del congelador, por lo que aun se formara escarcha en el evaporador, esto no se ve por el usuario, por lo que estos sistemas se conocen comercialmente con el nombre libre de escarcha (no frost). Para producir la congelación y el enfriamiento de estos sistemas se recurre al uso de un motor eléctrico de vaga capacidad provisto de un aspa.

El aire que se encuentra en el interior del gabinete de congelación se fuerza por el motor eléctrico al pasar a través de las tuberías escarchadas del evaporador donde se enfría y a su vez se fuerza a pasar por entre los alimentos que se encuentren guardados en su interior.



1. Compresor.
2. Condensador auxiliar para el enfriamiento del aceite.
3. Tubos de enfriamiento de aceite del compresor.
4. Condensador principal.
5. Filtro-deshidratador.
6. Válvula solenoide de deshielo.
7. Línea capilar.
8. Línea de deshielo.
9. Intercambiador de temperatura.
10. Evaporador.
11. Trampa de líquido.
12. Línea de baja presión o de retorno.
13. Tubo de baja presión del compresor para servicio.
14. T soldable.

Figura 3.10 Sistema de refrigeración de deshielo automático por válvula solenoide.

Así se deduce que el aire frío que circula en el interior del gabinete es el que se congela y refrigera los alimentos en su interior. Este aire a su vez se enfría al circular por las tuberías del evaporador. En el compartimiento del congelador la circulación de aire se efectúa libremente por lo que se obtiene congelación, en el compartimiento del refrigerador la conservación térmica se logra al regular el paso del aire por medio de un tipo especial de control de temperatura que no lleva conexiones eléctricas, es el control ambiental de temperatura por compuerta.

### **Controles ambientales de temperatura por compuerta:**

Los controles ambientales de temperatura por compuerta se emplean en los sistemas de refrigeración hechos en Estados Unidos. Estos no cuentan con conexiones eléctricas, por lo que su funcionamiento no afecta el de otras partes dentro del circuito eléctrico o del sistema de refrigeración del aparato. Al no tocar con conexiones eléctricas, estos controles tienen una duración muy amplia, ya que en ellos no se crea ninguna clase de arco voltaico, el cual reduce la vida de los controles de temperatura convencionales. Se proveen de una perilla calibrada para poder regular manualmente la cantidad de frío que se desea obtener y sostener en el compartimiento de refrigeración del gabinete.

El control ambiental de temperatura por compuerta va instalado al fin de una ventana que existe entre las paredes del congelador y el refrigerador. También se provee de un bulbo censor que capta la temperatura del aire en el interior de la sección del refrigerador, pero en lugar de platinos, el mecanismo interno de estos dispositivos abre o sierra una compuerta que ajusta de un modo perfecto a la ventana antes mencionada, por lo que automáticamente impide o permite la entrada de aire frío procedente del congelador para mantener una temperatura regulada. El rango normal de operación de estos controles se establece con temperaturas que oscilen entre los cero grados centígrados a los ocho grados centígrados

Cuando casualmente se estropea un control de este tipo, es preferible sustituirlo por otro nuevo o en buen estado ya que el ajuste de los mismos es crítico y se considera muy difícil. En México, los únicos refrigeradores que utilizan un control ambiental de temperaturas por compuerta son los bendix, dúplex vertical todos sus modelos, y los emplea solo para regular el paso del aire frío del congelador hacia el refrigerador con que se controla su temperatura ambiental. Estos refrigeradores son de tipo de deshielo automático por resistencia calefactora. Los refrigeradores de sistema de refrigeración de deshielo automático por válvula solenoide utilizan controles ambientales de temperatura provistos de platinos y conexiones eléctricas.

Estos controles automáticos de temperatura van montados en el compartimiento de refrigeración y por consiguiente, actúan de acuerdo con la temperatura existente en este, independientemente de la temperatura existente en el congelador. Su rango de funcionamiento es igual al rango de los controles

ambientales de temperatura por compuerta y, asimismo, su ajuste se considera crítico y muy difícil de efectuar por lo que al encontrar un control de este tipo en mal estado lo mas recomendable es sustituirlo por otro. La manera de percatarse del mal estado del control ambiental de temperatura es cuando la temperatura obtenida en una lectura con el termómetro en el congelador es inferior a los menos veinte grados centígrados y el refrigerador es de menos dos grados centígrados en adelante con el control regulado al numero mínimo de la perilla de regulación manual.

Otros síntomas de su mal funcionamiento es que el sistema de refrigeración no pare de funcionar y los alimentos en el compartimiento del refrigeración se congelen, o bien, se forme una nata de hielo en la superficie. En los controles de funcionamiento por temperatura ambiental el bulbo censor no va conectado ni alas paredes del gabinete ni al evaporador secundario

Es tan grande la variedad de modelos y marcas de este sistema de refrigeración en el mercado, que arbitrariamente se escogió un refrigerador mabe de deshielo automático por válvula solenoide, para representar el circuito eléctrico y los sistemas de refrigeración, ya que existen muchas diferencia entre uno y otro.

### **3.18 Refrigeradores de sistema de refrigeración de deshielo automático por resistencia calefactora.**

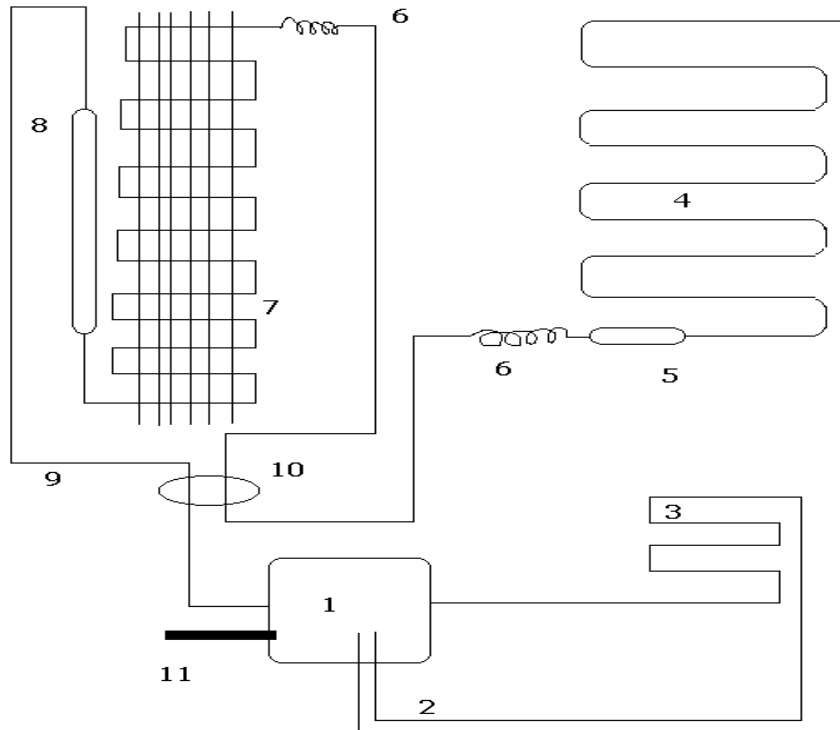
Los refrigeradores de sistema de refrigeración de deshielo automático por resistencia calefactora son en realidad una variante de los solenoides. La construcción de los gabinetes es semejante en ambos tiempos, a si como la distribución de los componentes en el sistema eléctrico, aun cuando se observan varias diferencias que se detallan en el presente capitulo.

En estos sistemas de refrigeración se sustituye la válvula solenoide de deshielo por una resistencia calefactora montada sobre las tuberías del serpentín de evaporación. Esta resistencia de construcción tubular es la que se encarga de liberar al serpentín de evaporación de la escarcha que se forma en el, durante el ciclo de enfriamiento.

El sistema de refrigeración en este tipo de equipos funciona de manera similar al e los sistemas de los refrigeradores sencillos. La producción de frío se efectúa de la misma manera que en el sistema de refrigeración con deshielo automático por la válvula solenoide.

La difusión del frío en los compartimientos de congelación y refrigeración se encuentran a cargo del motor de congelación. La línea de deshielo que conducía al gas caliente al serpentín de evaporación se a eliminado, así como la válvula solenoide de deshielo por, lo que en este tipo de sistema de refrigeración se observa siempre una mayor duración del compresor , ya que

no se encuentra sujeto al exceso de trabajo como en los sistemas de deshielo por válvula solenoide.



1. Compresor.
2. Tubos de enfriamiento de aceite del compresor.
3. Condensador auxiliar para el enfriamiento del aceite.
4. Condensador principal.
5. Filtro-deshidratador.
6. Línea capilar.
7. Evaporador.
8. Trampa de líquido.
9. Línea de baja presión o de retorno.
10. Intercambiador de temperatura.
11. Tubo de baja presión del compresor para servicio.

Figura 3.11 Sistema de refrigeración de deshielo automático por resistencia calefactora.

Por ejemplo, en los sistemas de refrigeración con deshielo automático por válvula solenoide al abrirse el caso del gas caliente que debería circular por el condensador hacia el serpentín de evaporación, la presión que genera en este es muy alta en comparación del ciclo de refrigeración, lo que provoca que la succión del compresor se sobrecargue de refrigerante a alta temperatura y a la



larga le ocasione un desgaste prematuro. En los sistemas de refrigeración con deshielo automático por resistencia calefactora no sucede esto, ya que al efectuarse el ciclo de deshielo se desconecta el compresor.

Ambos sistemas de refrigeración se proveen de una trampa de liquido de gran tamaño para la mayor acumulación de refrigerante en estado liquido y para mantener una temperatura adecuada en el interior del gabinete, lo cual permite una correcta evaporación del refrigerante antes de penetrar en la línea de baja presión o de retorno y así evitar varias sobrecargas a los compresores.

### **3.19 Hongos en el drenaje del evaporador secundario.**

En ambos sistemas de refrigeración de los refrigeradores dúplex se hace mencionar un pequeño detalle del mal funcionamiento que se corrige fácilmente: la presencia de taponaduras en la bandeja colectora de agua del evaporador secundario y en la manguera de desagüe del mismo . En ocasiones se nota que se a obstruido el paso libre del agua en el drenaje , lo cual provoca derramamientos indeseables en el interior del compartimiento de refrigeración.

Por lo general , estos taponamientos se provocan por hongos que se encuentran en las verduras que se introducen en el refrigerador , los cuales suben hasta el evaporador secundarios a través de la humedad de dichas verduras . En principio del drenaje se encuentra condicionado adecuado para desarrollarse , y se multiplican hasta formar tapones.

Después de limpiar perfectamente con agua caliente toda la manguera del desagüe y la bandeja colectora de agua , se recomienda introducir las verduras en bolsas de poliuretano perfectamente cerradas para evitar que los hongos suban y provoque los taponamientos.

Los taponamientos son mas frecuentes en sistemas de refrigeración de los refrigeradores dúplex de cortina desechable que en los sistemas de libre escarcha ya que estos se encuentran provistos de una resistencia extra en el desagüe que aniquila a los hongos por su alta temperatura que produce.

Cabe mencionar que en algunos sistemas de refrigeración mas modernos el calentamiento del marco intermedio ya no se produce por medio de resistencias, sino que como ocurre en los refrigeradores armados en Estados Unidos, se cuenta con una tubería que es una prolongación del condensador en el interior del gabinete, la cual produce el calentamiento que mantiene tibio el marco.

## **CAPITULO 4**

### **ANÁLISIS ELÉCTRICO Y OPERACIÓN DE LOS EQUIPOS DOMÉSTICOS DE REFRIGERACIÓN**

#### **4.1 Diagrama eléctrico estándar de un refrigerador sencillo.**

El conexionado de un diagrama eléctrico estándar de refrigeración es de tipo de conexionado mixto. Se forma por dos circuitos en serie que se alimentan por un conexionado en paralelo.

El primero de estos circuitos se constituye por:

- ✓ Control automático de temperatura.
- ✓ Protector térmico de sobrecarga de compresor.

Relevador electromagnético de arranque del compresor. (este es el circuito que pone en marcha al motor eléctrico del sistema de refrigeración). Además se constituye por el devanado embobinado del compresor en su sección del motor eléctrico.

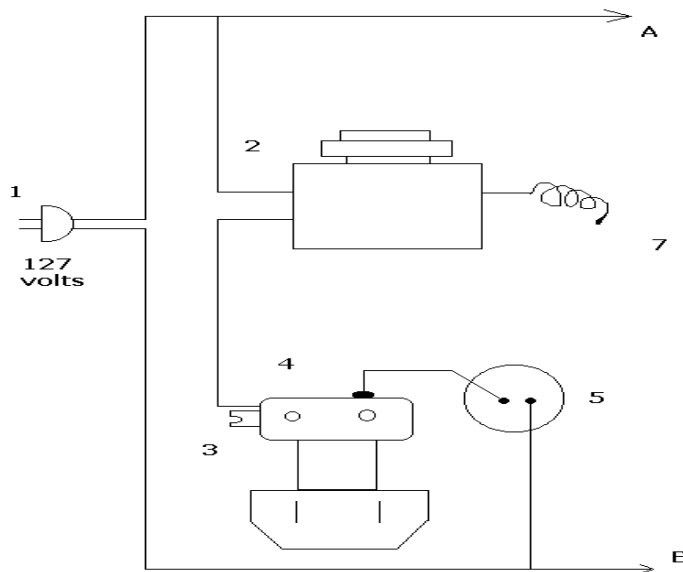
El embobinado o campo eléctrico del compresor se forma por dos devanados o bobinajes conectados entre si en paralelo. Estos reciben el nombre de embobinado de arranque y embobinado de trabajo, respectivamente. Al observar el dibujo correspondiente al diagrama eléctrico de un sistema de refrigeración se puede seguir detenidamente su funcionamiento, así como recorrido que efectúa la corriente eléctrica.

#### **Diagrama eléctrico en serie del circuito del compresor:**

La corriente eléctrica penetra por una clavija de conexión del cable de alimentación. Si se observa el recorrido que efectúa por el cable superior, esta penetra por el cable de servicio o de alimentación hasta ascender al control automático de temperatura, en donde circula a través de los platinos y conexiones del mismo; hay comienza su viaje de descenso hacia el compresor.

Al llegar al compresor penetra en el campo eléctrico del mismo a través del relevador electromagnético de arranque, que es el que se encarga de poner en marcha momentáneamente los embobinados de trabajo y de arranque, y desconecta el embobinado de arranque cuando el motor eléctrico alcanza el 75% de su velocidad total de trabajo. Para alcanzar el 25% restante el motor eléctrico se basta únicamente con el embobinado de trabajo, que es el que queda conectado.

El motor eléctrico es el que se encarga de transformar la energía cinética producida por la repulsión entre los campos magnéticos al circular la corriente eléctrica por los alambres que componen los devanador del campo eléctrico y el rotor, que va ensamblado con el cigüeñal del compresor. Así se crea la energía mecánica producida por el movimiento del cigüeñal sobre el pistón del compresor.



1. Cable de alimentación.
2. Control automático de temperatura.
3. Relevador electromagnético de arranque del compresor.
4. Borne común o de línea del compresor.
5. Protector térmico de sobrecarga del compresor.

Figura 4.1 Diagrama eléctrico en serie del circuito del compresor.

Al salir la corriente eléctrica pasa a través de un dispositivo eléctrico denominado protector térmico de sobre carga, que es el encargado de mantener la corriente en un nivel adecuado, para evitar que se dañe alguna parte o componente del circuito eléctrico debido a una sobrecarga producida por una avería o corto circuito en algunos componentes.

Al recordar lo escrito sobre corriente alterna, vemos que esta no circula en una sola dirección, sino que alterna su paso al invertir las polaridades de los campos eléctricos u magnéticos producidos.

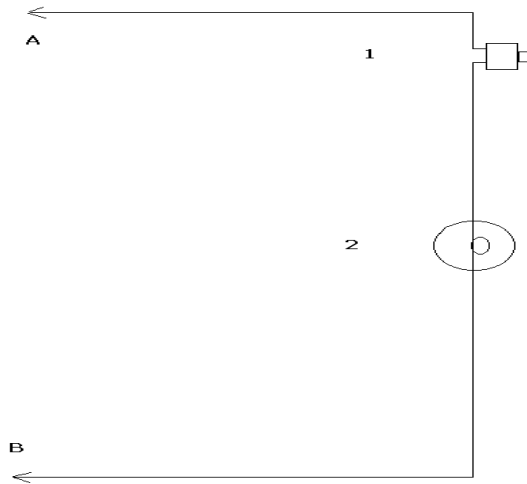
La corriente alterna va y viene por el circuito eléctrico del refrigerador 60 veces por segundo, que es la frecuencia o ciclaje que existe en México. Como se trata de un circuito conectado con sus componentes en serie, al dañarse cualquiera de ellos, el paso de la corriente se interrumpe completamente.

### **Diagrama eléctrico en serie del circuito del foco:**

El diagrama elector del circuito del foco se conecta en serie con los componentes que lo constituyen básicamente, este circuito se forma por dos componentes interruptor de presión del foco y el foco o lámpara que ilumina el interior del gabinete. La corriente circula en este circuito solamente cuando la

puerta del gabinete se encuentra abierta, lo que permite que la lámpara o foco se encienda al accionar el interruptor de presión que se encuentra colocado en la parte interior frontal derecha del mueble.

Como el interruptor de presión se encuentra conectado en serie con la lámpara, si este se encontrara dañado la lámpara, si este se encontrara dañado la lámpara no encendería. Por consiguiente, lo mismo ocurre cuando la lámpara o los conductores se dañan. El interruptor cierra el circuito cuando la puerta del refrigerador se abre y enciende la lámpara al permitir el paso de la corriente eléctrica entre sus conexiones internas. Es un circuito sencillo.



1. Interruptor de presión de foco.
2. Foco o lámpara interior del gabinete.

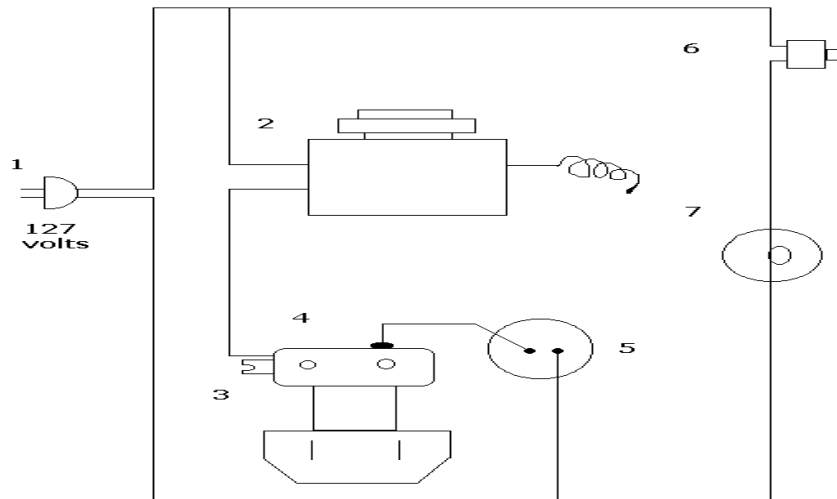
Figura 4.2 Diagrama eléctrico en serie del circuito del foco.

El circuito del foco se encuentra conectado en paralelo con el circuito que alimenta al compresor, por lo que aún cuando se dañe algún componente en el circuito del compresor, la corriente no se interrumpe en el circuito del foco, lo que no afecta en nada al circuito de alimentación del compresor. Se puede observar que en conjunto se trata de un circuito de conexión mixta ya que los componentes de ambos circuitos se encuentran en serie entre su, pero los dos se conectan en paralelo sobre la línea de alimentación, y así mismo, en serie con el cable de servicio y la clavija, por que si alguna de estas dos partes se dañara no funcionaría en absoluto ninguno de los dos circuito.

#### **4.2 Funcionamiento del motor eléctrico.**

Los motores eléctricos que se utilizan en el interior de los compresores de refrigeración tienen ciertas características especiales de fabricación. Se construyen con materiales de alta resistencia que aseguran una larga duración

y tienen un par de arranque bastante elevado. Se llama par de arranque a la condición que tienen los motores de poder arrancar con una gran sobrecarga. Deben ser en la posible muy silenciosos, tanto en su arranque como en su funcionamiento.



1. Cable de alimentación.
2. Control automático de temperatura.
3. Relevador electromagnético de arranque del compresor.
4. Borne común o de línea del compresor.
5. Protector térmico de sobrecarga del compresor.
6. Interruptor de presión de foco.
7. Foco o lámpara interior del gabinete.

Figura 4.3 Diagrama eléctrico de un refrigerador sencillo.

### Motores a inducción de fase dividida:

Los motores eléctricos se forman por dos partes principales: rotor y estator.

#### Rotor:

El rotor es la parte móvil de un motor eléctrico. Se ensambla directamente sobre una flecha de hierro, la cual, a su vez, constituye el cigüeñal del compresor. Es un cilindro formado por varias placas o discos metálicos surcados por barras de cobre que facilitan la creación de los campos magnéticos, los cuales generan la repulsión que lo pone en marcha. El par de arranque del compresor se calcula por la posición en que queda dispuesta la biela del pistón al detenerse el compresor.

Las barras de cobre que surcan internamente el rotor facilitan un campo magnético creado por inducción al cortarse por los campos magnéticos

generados por los embobinados del estator al circular la corriente eléctrica por ellos.

### **Estator:**

El estator es la parte fija de un motor eléctrico. Consta de una serie de laminas de hierro delgadas soldadas entre su con una serie de surcos en los que se encuentran entretejidas las bobinas o devanados, las cuales producen los campos magnéticos que inducen al rotor para poner en movimiento el motor. El problema del arranque a plena carga se resolvió en estos motores por medio de la implantación de dos embobinados diferentes conectados entre sí en paralelo.

En el estator o campo eléctrico se encuentran tejidas en sus ranuras las bobinas que se denominan comúnmente como embobinado de trabajo y embobinado de arranque. Esta ultima es la que ayuda al par de arranque del compresor.

El embobinado de arranque es mas grande en devanados que el embobinado de trabajo, ya que tiene la misión de poner en marcha al compresor. Por ejemplo, el embobinado de arranque de un motor tipo Kelvinator 1/8 hp de capacidad, consume alrededor de 8.5 amperes al conectarse. Este consumo, sumado al del embobinado de trabajo del mismo compresor, que es de 2.2 amperes, si los dos embobinados funcionan al mismo tiempo.

Esto generaría un sobrecalentamiento excesivo en el interior del calabazo del compresor, por lo que ideó un sistema de refrigeración para lograr que la conexión del embobinado de arranque del motor sea momentáneo y permita que el compresor alcance el 75% de su velocidad total antes de desconectarse, para quedar conectado únicamente el embobinado de trabajo, que es el que mantiene en marcha al compresor.

Como el arranque del compresor es casi instantáneo, solo durante uno o dos segundos se mantiene conectado en el embobinado de arranque, con lo que se logra evitar el sobrecalentamiento y se reduce el consumo de corriente por parte del motor eléctrico. Al final se anexan las tablas de estos datos técnicos del consumo en amperes de cada compresor de acuerdo con su capacidad de hp.

En la columna de consumo en amperes se especifica que son aproximaciones, ya que en todo compresor el consumo esta íntimamente ligado con el estado de las partes mecánicas del mismo, así como a la variación que pueda existir en la red de alimentación del sistema o circuito eléctrico, por lo que al funcionar un sistema o circuito eléctrico, por lo que al funcionar un sistema de refrigeración puede presentar variaciones en el consumo de corriente eléctrica diferentes a las anotadas en la presente tabla. La letra L indica que es motor es de trabajo ligero, en tanto que la letra P indica trabajo pesado.

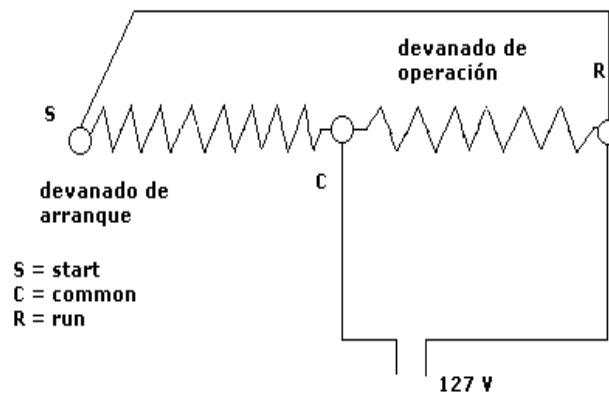


Figura 4.4 Circuito eléctrico de un motor de fase dividida o partida, mostrando sus devanados y tres bornes.

Los motores eléctricos llegan a presentar daños por el uso indebido en los sistemas de refrigeración de anticongelante, que en realidad es alcohol metílico, el que contribuye a distintos tipos de ataque químico en el sistema, entre los que destacan, la destrucción parcial de barniz protector de los alambres que forman las bobinas, lo que provoca cruzamientos de corriente y quemadura parcial o total de dichos embobinados. También un arrancador en mal estado puede provocar la quemadura del campo eléctrico, así como la ineficiencia en la red de alimentación eléctrica.

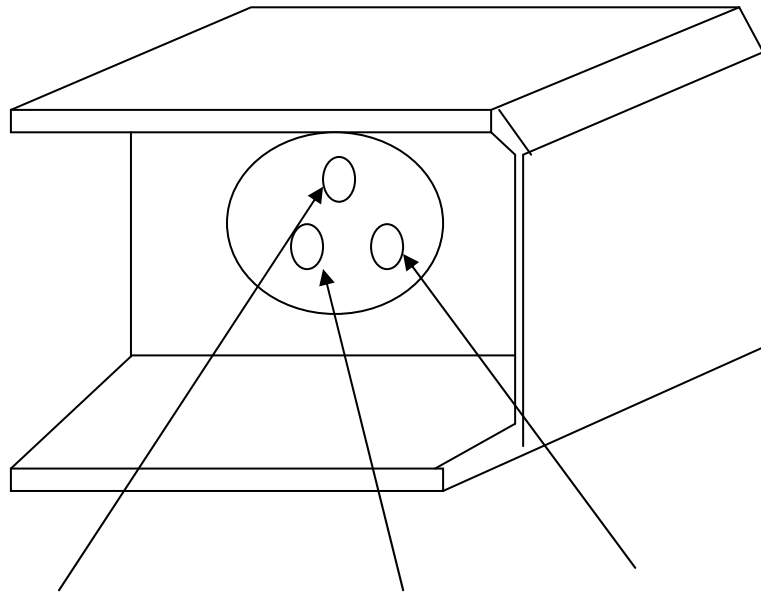
La conexión hacia el exterior de las puntas o cables de alimentación del campo eléctrico se efectúa por medio de una agujas que van integradas al calabazo o coraza del compresor. Se denominan bornes y se denominan agujas de 1/32 de pulgada de diámetro y medio centímetro de longitud aproximadamente, que sobresalen del calabazo y se encuentran aisladas de él por medio de vidrio fundido a su alrededor.

Son tres bornes de conexión y se encuentran dispuestos en forma de triángulo. En torno suyo se encuentra una coraza adicional para protegerlos de los golpes, así como para facilitar la colocación del relevador electromagnético de arranque y del protector térmico de sobrecarga.

Como se puede observar el borne que se encuentra en la parte superior se halla marcado con el nombre de común, debido a que alimenta indistintamente de corriente a los embobinados de arranque y de trabajo que queda conectado todo el tiempo que trabaja el compresor. El borne del lado izquierdo corresponde al embobinado de arranque. El relevador electromagnético de arranque crea un puente eléctrico entre este último mencionado antes se



desconecta después de que el motor ha alcanzado un 75% de su velocidad normal de funcionamiento.



Borne común o línea      borne de arranque      borne de trabajo

Figura 4.5 Nos muestra los bornes del compresor.

### 4.3 ***Funcionamiento del protector térmico de sobrecarga del compresor.***

El protector térmico de sobrecarga del compresor va conectado en el borne superior (común o lineal) y protege ambos embobinados. Es un dispositivo diseñado exclusivamente para salvaguardar tanto la integridad del campo eléctrico del compresor como la instalación eléctrica del lugar en el que opera. Funciona solo en circuitos que tomen el amperaje límite al cual se adaptó, y se compone por un juego de platinos de contacto, todo montado en un pequeño receptáculo en forma cilíndrica provista de un cable con un conector en un extremo, para facilitar su conexión con el borne común o de línea.

#### **Funcionamiento:**

Los protectores térmicos de sobrecarga se fabrican para diferentes capacidades de los compresores, por lo que cada protector funcionará bien solo si se coloca adecuadamente de acuerdo con su capacidad. Cada compresor toma de la línea de alimentación eléctrica la corriente que necesita para funcionar: mientras el amperaje es correcto el protector térmico de sobrecarga operará adecuadamente.

Si por alguna circunstancia el amperaje que consume el compresor aumentara, la resistencia que se encuentra en el interior del protector se calentará hasta

ponerse al rojo vivo, puesto que se someterá a una corriente mayor de la prevista en ese momento la lamina oval provista de platinos que cubren la resistencia se dilatara por acción del calor producido por la misma y se arqueara hacia la conexión común de los dos embobinados del motor eléctrico del compresor.

Tan pronto como se enfríe la laminita, regresara a su forma original y se reconectaran los platinos para permitir el paso de corriente; si por alguna circunstancia el desperfecto que provoco que el protector térmico se sobrecarga se desconectara no se corrige cuando este se reinstala al enfriarse, volverá a desconectarse una y otra vez hasta que se corrija el desperfecto.

Cuando en la línea de alimentación eléctrica existan deficiencias en el voltaje, el protector térmico de sobrecarga desconecta al compresor y lo protege de cualquier avería que pudiera sufrir. Así pues el protector térmico de sobrecarga funciona como un fusible de temperatura que se desconecta o interrumpe cuando el compresor toma mas amperaje del que permite el mismo protector térmico, el cual se encuentra conectado en serie con los embobinados del motor, por lo que si se interrumpe el paso de corriente en el, esta tampoco podrá fluir hacia los embobinados y el compresor no funcionara.

Mas adelante, al final, se proporciona una tabla en la que se mencionan los protectores térmicos de sobrecarga adecuados para cada compresor, capacidad y distintas marcas, así como las numeraciones correspondientes a estos dispositivos.

#### **4.4 *Funcionamiento del relevador de arranque del compresor.***

El relevador electromagnético de arranque es el dispositivo que tiene a su cargo la misión de poner en marcha el compresor. Consta de una pieza de forma triangular hueca rodeada por una bobina de alambre galvanizado denominada magneto. En su interior alberga dos platinos montados sobre una chapa pequeña de metal, un cilindro o contrapeso montado en un barra y un resorte cónico.

##### **Funcionamiento:**

La función del relevador electromagnético de arranque es la de realizar un puente momentáneo entre los bornes de trabajo y arranque del compresor para ponerlo en marcha. La bobina que lleva en la parte exterior el relevador se encuentra conectada en serie con el borne de trabajo de compresor, en tanto que el platino que alimenta corriente al borne de trabajo únicamente va conectada la chapa de metal que se encuentra montada sobre la barra junto con el resorte y el contrapeso. Al arrancar el compresor, el embobinado de trabajo jala corriente eléctrica, haciéndola pasar por bobina que se encuentra enrollada en el relevador, lo que genera un campo magnético que imanta o

magnetiza el contrapeso que se encuentra en su interior y logra que el mismo venza la presión que el resorte le ejerce, al moverse hacia arriba en el interior del cuerpo del relevador electromagnético de arranque para conectar momentáneamente los bornes de trabajo y de arranque.

Cuando el rotor ha alcanzado el 75% del total de sus revoluciones disminuye la intensidad de la corriente que consume y el campo magnético generado en torno al relevador electromagnético de arranque también disminuye, por lo que el resorte impulsa hacia abajo el contrapeso y a los platinos que van montados en la chapa de metal, a los que desconecta, y únicamente queda alimentado el borne de trabajo con corriente eléctrica entorno al relevador, el campo magnético que genera la bobina no es suficiente para vencer la fuerza de resorte que mantiene el contrapeso y a los platinos que van montados en el y que están desconectados, a los que hay que conectar mientras el motor funcione. Esta bobina actúa como una extensión de embobinado de trabajo cuando el compresor ha conseguido arrancar.

Al final de los capítulos, se proporciona una tabla en la que se mencionan los relevadores electromagnéticos de arranque adecuados para cada compresor, capacidad y distintas marcas, así como las numeraciones correspondientes a estos dispositivos.

#### **4.5 *Funcionamiento del capacitor electrolítico de arranque del compresor.***

Los capacitores electrolíticos de arranque son en realidad condensadores que retienen una carga eléctrica, la que descarga en el momento del arranque del compresor, para facilitararlo, la capacidad de carga de los capacitores se mide en microfaradios (mfd) y varía de acuerdo con la del compresor en el que vayan a emplearse. Los compresores de tipo Kelvinator solamente usan capacitor electrolítico de arranque en sus capacidades de 1/3 y ¼ hp.

Los compresores de tipo Comitzu – Mitsubishi utilizan capacitor electrolítico de arranque en todos sus modelos. Cuando un compresor presenta fallas en el arranque que no se deban al relevador electromagnético de arranque, para facilitar el arranque del mismo es posible la implementación o adaptación de un relevador al capacitor que utilice para el efecto no exceda la capacidad del relevador, puesto que podría dañarlo o bien dañar al campo eléctrico del compresor.

#### **4.6 *Funcionamiento de los controles automáticos de temperatura.***

Teóricamente, ya existen las condiciones para efectuar el armado total de un sistema de refrigeración, puesto que ya se analizó con detención la manera de hacerlo. Se conoce como el por que y el como se funciona cada una de las

partes que componen dichos sistemas. Al armar un sistema de refrigeración y ponerlo a funcionar.

Se produciría en el una correcta producción de frío pero en realidad habría que estar pendiente del funcionamiento del sistema y del frío que produce para poder detenerlo de cuando en cuando y volver a ponerlo a funcionar, para que el frío se mantuviera bajo cierta medida.

De no hacerlo el frío producido sería tan excesivo que muy probablemente dañaría la calidad y el estado de los alimentos o productos introducidos en el gabinete del refrigerador. Ahora bien para este problema en particular se diseñaron unos dispositivos mecánico eléctricos que por su funcionamiento reciben el nombre común de controles automáticos de temperatura. Se vera el funcionamiento de dichos dispositivos y la manera correcta de ajustarlos.

Los controles automáticos de temperatura que se utilizan en los refrigeradores, actúan sobre una base termostática, es decir, cada funciona que desempeña el control automático es con base en la temperatura de recinto que se desea regular. Es por esto que es comúnmente se les llama termostatos.

Los termostatos operan por medio de una serie de láminas y resortes que interactúan entre sí para a lograr la conexión de reparación de un par de botones de un material metálico denominados platinos, en virtud del material a partir del cual generalmente se fabrican. se detalla la estructura interna de un termostato del tipo penn de manufactura Argentina, que es el tipo mas utilizado en el armado y mantenimiento en refrigeración domestica.

Los termostatos constan de un tubo capilar, el cual se encuentra sellado en su extremo mas lejano. El capilar de los termostatos varía en su longitud, que puede ser de 800 a 1200 milímetros y se encuentra lleno de gas del mismo tipo que se utiliza como refrigerante, el que actúa por medio de la dilatación y la contracción de la temperatura externa a la que ese encuentre expuesto. El extremo interno del termostato se encuentra rematado por una especie de membrana flexible denominada fuele, que es la que se mueve por la parte interna del gas alojado en el capilar.

Por ejemplo, cuando se enciende manualmente el control automático de temperatura para que el refrigerador comience a funcionar, el evaporador se encuentra a temperatura ambiente por que el sistema de refrigeración se detuvo, el gas que se encuentra en el interior del bulbo de control, se dilata por la temperatura del evaporador.

Al girar la perilla graduada del control automático de temperatura el fuele impulsa una pequeña muelle que se encuentra en el interior del control automático de la temperatura el muelle que se encuentra en el interior del control, que lanza instantáneamente el platino interior hacia arriba y le pone en

contacto con el otro platino, por lo que se cierra el circuito y la corriente circula libremente a través de las conexiones del control automático.

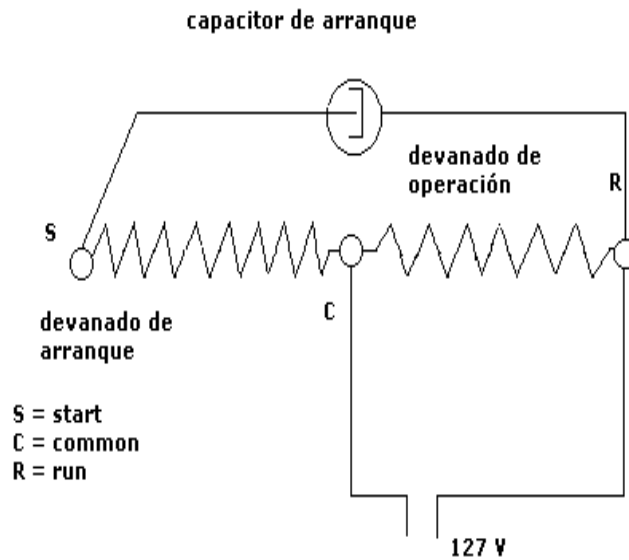


Figura 4.6 Circuito eléctrico de un motor de fase dividida o partida, mostrando sus devanados y tres bornes, además su capacitor electrolítico de arranque.

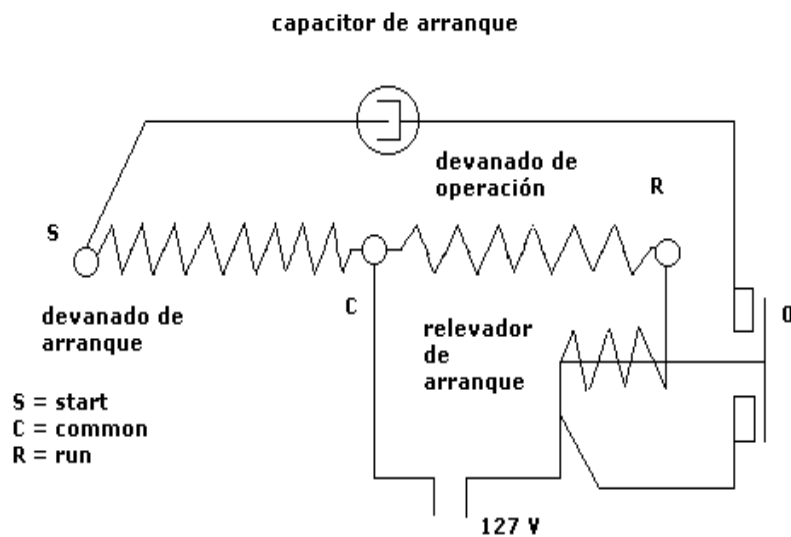


Figura 4.7 Circuito eléctrico de un motor de fase dividida o partida, mostrando sus devanados y tres bornes, además su capacitor electrolítico de arranque y el relevador de arranque.

#### **4.7 Circuito eléctrico de refrigeradores dúplex horizontal con cortina deshechable.**

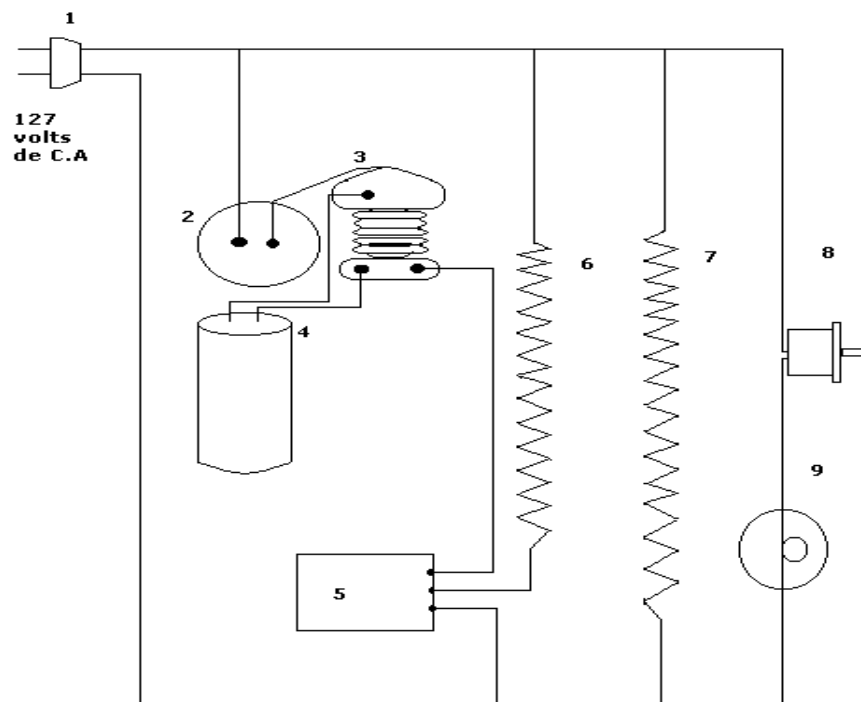
Cuando el sistema de refrigeración se encuentra en funciones, el capilar de control automático de temperatura conduce la señal para que el equipo se detenga al llegar a la temperatura adecuada , al contraerse las moléculas de gas que existen en su interior por la acción del frío del evaporador secundario.

Al llegar el momento en que el control automático de temperatura corta la corriente eléctrica y el compresor se detiene, el evaporador secundario se encuentra cubierto por una fina capa de escarcha para evitar que el frío sea excesivo en el compartimiento de refrigeración el control automático de temperatura de cada momento retarda el arranque al grado que el evaporador secundario se deshuela. Hasta que este ultimo se encuentra totalmente deshielado, el control automático de temperatura se conecta para que el sistema de refrigeración vuelva a funcionar.

Como se menciona anteriormente se evita el frío excesivo en el compartimiento de refrigeración y, además, la acumulación excesiva de hielo en el evaporador secundario, por lo que el sistema de refrigeración requiere menos cuidados de limpieza y deshielo manual; como es el caso de los refrigeradores sencillos, que de acuerdo al lugar y altitud en que se encuentren debe ser la frecuencia con la que hay que deshielar el sistema, con el objeto de no consumir corriente eléctrica en demasía y así alargar la vida del compresor al sufrir un menor desgaste.

El agua de deshielo que produce el evaporador secundario se conduce hacia el exterior del gabinete por medio de un colector y una manguera conectada en la parte exterior del gabinete. Esta manguera conduce el agua hasta una bandeja metálica colocada, ya sea sobre el compresor para que el calor del mismo la evapore, o bien, a un lado del compresor en la parte inferior del gabinete. Esta bandeja se cruza por la línea de alta presión que sale del compresor, con lo que se aprovecha el calor de este para el mismo fin. En cualquiera de los casos, el calor del sistema de refrigeración se aprovecha para evaporar el agua resultante del deshielo del evaporador secundario.

En algunos sistemas de refrigeración que emplean el control automático de temperatura Bendix modelo 15MXD ,se acondiciono una resistencia extra en el sistema eléctrico que queda cubierta por el agua del deshielo, la cual trabaja continuamente al evaporador del agua con el calor que produce. Como se expuso antes, el control automático de temperatura trabaja de maneras distintas a los refrigeradores convencionales, ya que permite que el evaporador secundario se deshuele para mantener una temperatura adecuada en el compartimiento del refrigerador y evitar así la acumulación excesiva de hielo en dichas placas, lo cual prolonga los periodos en que el refrigerador no requiere de limpieza y deshielo por parte del usuario.



1. Cable de alimentación.
2. Protector térmico de sobrecarga del compresor.
3. Relevador electromagnético de arranque del compresor.
4. Capacitor electrolítico de arranque.
5. Control automático de temperatura.
6. Resistencia calefactora del evaporador secundario.
7. Resistencia calefactora de marco.
8. Interruptor de presión de foco.
9. Foco o lámpara interior del gabinete.

Figura 4.8 Circuito eléctrico de un refrigerador dúplex horizontal de cortina desechable.

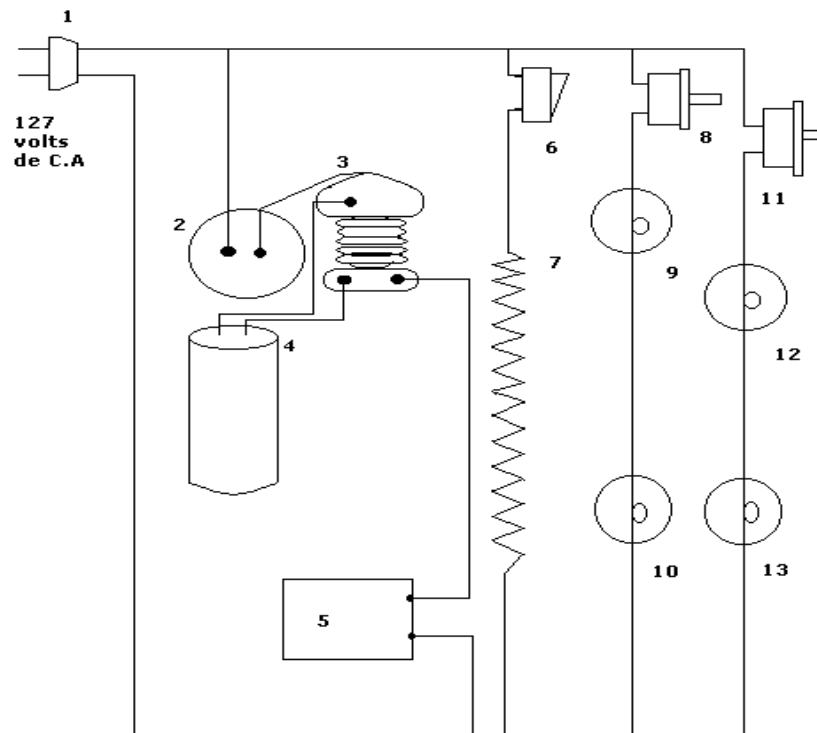
#### **4.8 Circuito eléctrico de refrigeradores dúplex vertical con cortina desechable.**

##### **Resistencia calefactora de marco:**

En los tipos de refrigeración dúplex que se analizaron, se representan una resistencia que se denominan resistencia calefactora de marco. Su funcionamiento se observa en el diagrama eléctrico que corresponde al refrigerador dúplex vertical de cortina desechable, en donde dicha resistencia va provista de un interruptor especial dentro del circuito. En el gabinete lleva impreso las leyendas del clima húmedo, en la posición de encendido de la resistencia, y el clima seco, en la posición de apagado. Esta resistencia va

colocado en la parte interna del gabinete, justamente en la unión media del congelador del refrigerador.

El frío producido por el evaporador o por los evaporadores primarios pueden en un momento dañar el burlete o empaque del hule de la puerta, ya que por el frío existente se pega y al abrir la puerta se resquebraja. Para evitar este fenómeno, la resistencia calefactora mantiene tibia la superficie del marco separador de ambos compartimientos. El refrigerador tipo dúplex horizontal de cortina desechable, la resistencia calefactora funciona sin interrupción, mientras que el equipo funcione conectado al cable de la alimentación.



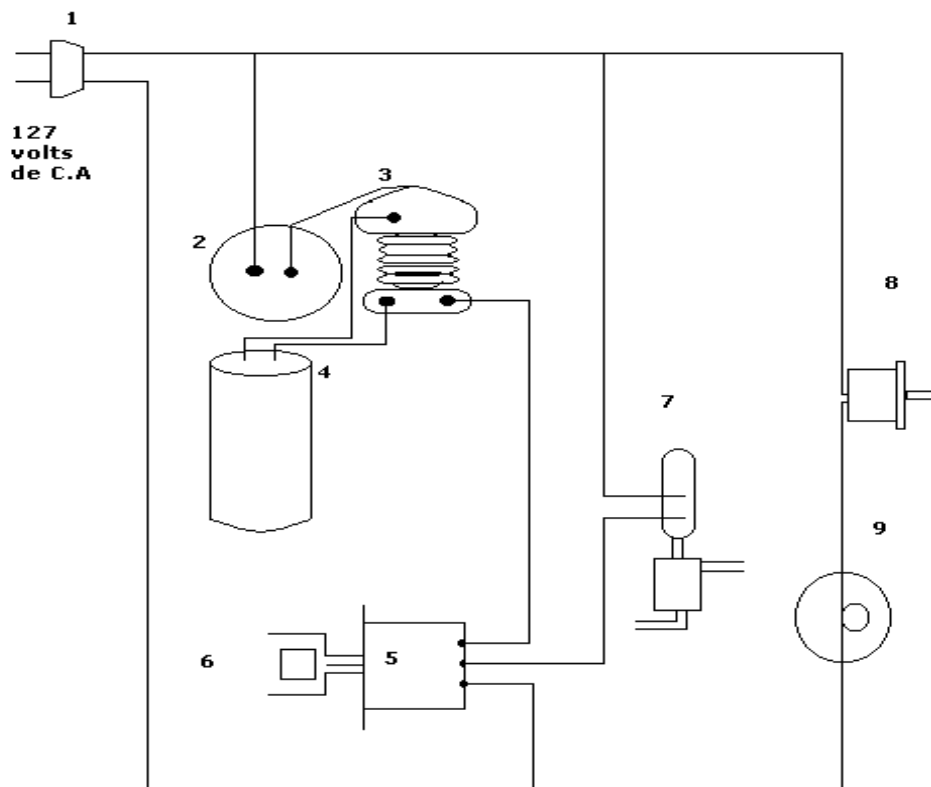
- 1 Cable de alimentación.
- 2 Protector térmico de sobrecarga del compresor.
- 3 Relevador electromagnético de arranque del compresor.
- 4 Capacitor electrolítico de arranque.
- 5 Control automático de temperatura.
- 6 Interruptor de resistencia calefactora de marco.
- 7 Resistencia calefactora de marco.
- 8 Interruptor de presión de los focos del congelador.
- 9 Foco o lámpara interior del congelador.
- 10 Foco o lámpara interior del congelador.
- 11 Interruptor de presión de los focos del refrigerador.
- 12 Foco o lámpara interior del refrigerador.
- 13 Foco o lámpara interior del refrigerador.

Figura 4.9 Circuito eléctrico de un refrigerador dúplex vertical de cortina desechable.



#### 4.9 Circuito eléctrico de refrigeradores de deshielo manual con válvula solenoide de deshielo.

La alimentación de la válvula solenoide se a través del control automático de temperatura por medio de un platino extra, el cual a su vez, lleva ajustes de funcionamiento. El circuito eléctrico del sistema de refrigeración de deshielo manual por válvula solenoide de deshielo es un circuito extra conectado en paralelo con el resto del arnés eléctrico del aparato, por lo que entra en funcionamiento solamente cuando se presiona el botón de deshielo manual. Al presionar dicho botón, se conectan dos platinos en el interior del control automático de temperatura, lo que permite el libre paso de la corriente hacia la válvula solenoide de deshielo y la pone en funcionamiento.



1. Cable de alimentación.
2. Protector térmico de sobrecarga del compresor.
3. Relevador electromagnético de arranque del compresor.
4. Capacitor electrolítico de arranque.
5. Control automático de temperatura.
6. Botón push-defrost.
7. Válvula solenoide de deshielo.
8. Interruptor de presión del foco.
9. Foco o lámpara interior del gabinete.

Figura 4.10 Circuito eléctrico de un refrigerador dúplex vertical de cortina desechable.

#### **4.10 Circuito eléctrico de refrigeradores dúplex con deshielo automático por válvula solenoide.**

Los circuitos eléctricos dúplex de los diferentes refrigeradores que existen en el mercado tienen variantes de un modelo a otro de la misma marca. Tratar de escribir todos los tipos diferentes requeriría de un volumen completo, por lo que una vez establecida la similitud en su funcionamiento y distribución de los diversos componentes se presentan un diagrama correspondiente al refrigerador dúplex mabe con deshielo automático por válvula solenoide.

El cerebro de los sistemas de refrigeración con deshielo automático es el reloj de deshielo automatizado o timer, como se le conoce comúnmente. Este dispositivo efectúa periódicamente la conexión del circuito de la válvula solenoide de deshielo, y la intercala con el circuito que alimenta al micro motor de difusión de frío del serpentín. Cuando el sistema de refrigeración comienza a funcionar, el timer debe colocarse en la posición inmediata en donde termina el ciclo de deshielo automático. Se ajusta en esta posición con la ayuda de un vástago estriado que tiene en su parte anterior y se gira lentamente de izquierda a derecha hasta escuchar un clic; este sonido corresponde al producto por el cambio de los platinos en el interior del timer y es el que marca el inicio del ciclo de deshielo.

En esta posición se debe dejar el timer regulando cuando se instala un sistema de refrigeración de este tipo, o bien, cuando se acaba de efectuar una reparación al mismo. Se sabe que el ciclo de refrigeración del timer dura un promedio aproximado de cinco horas con cuarenta minutos y que el ciclo de deshielo o descongelación automática veinte minutos, por lo que en un periodo de veinticuatro horas se efectuaron cuatro ciclos de refrigeración por cuatro ciclos de deshielo. Cuando el sistema de refrigeración se encuentra en refrigeración, el circuito que alimenta al difusor del serpentín se conecta por el timer, por lo que en la difusión de frío en todo el gabinete es uniforme. Cuando se efectúa el ciclo de deshielo automático, el platino que alimenta a difusor se desconecta automáticamente y se conecta al platino que alimenta a la válvula solenoide de deshielo automático. El platino del difusor se desconecta, para evitar que al calentarse la tubería del serpentín de evaporación por el paso del gas caliente del deshielo, se pierda la temperatura existente en el interior del gabinete.

Al conectarse el platino de la válvula solenoide de deshielo, también se acciona el funcionamiento de una resistencia ubicada en el drenaje es la de evitar que el agua que escurre del deshielo del serpentín de evaporación de la válvula solenoide deshielo, también se acciona el funcionamiento de una resistencia ubicada en el drenaje del serpentín. La función de esta resistencia de drenaje es la de evitar que el agua que escurre del deshielo del serpentín de evaporación se congele al contacto con el metal de desagüe, pues todo el interior del gabinete del congelador es inferior a los cinco grados centígrados por lo que la resistencia no funcionara, el agua que comienza a caer se

congelaría al contacto con el desagüe, lo que formaría un tapón de hielo que provocaría derrames internos de agua en el comportamiento de congelación.

El agua residual del deshielo se conduce hacia la parte inferior del gabinete justo a una bandeja colectora de agua que se encuentra colocada sobre el condensador auxiliar, cuyo calor producido durante el funcionamiento del sistema de refrigeración la evapora. Durante todo el ciclo de deshielo el compresor funciona para bombear gas caliente hacia el serpentín de evaporación.

Cuando se reanuda la función del difusor, el platino que alimenta a la válvula solenoide de deshielo se desconecta, por lo que el paso de gas caliente hacia el serpentín se interrumpe y el refrigerante prosigue su recorrido normal a través del condensador y la línea capilar, y reanuda la producción de frío en el equipo y su difusión en el interior del gabinete. Al desconectarse el circuito de la válvula solenoide de deshielo, también se interrumpe el suministro de corriente a la resistencia de drenaje.

El control automático de temperatura con que cuenta este sistema de refrigeración es del tipo ambiental, y va instalado en el compartimiento del refrigerador, por lo que su función se supedita a la temperatura existente en el. La entrada de aire frío procedente del serpentín se regula de manera manual por medio de una compuerta calibrada con letras para poder tener una menor circulación de aire y, por consiguiente el frío en el refrigerador.

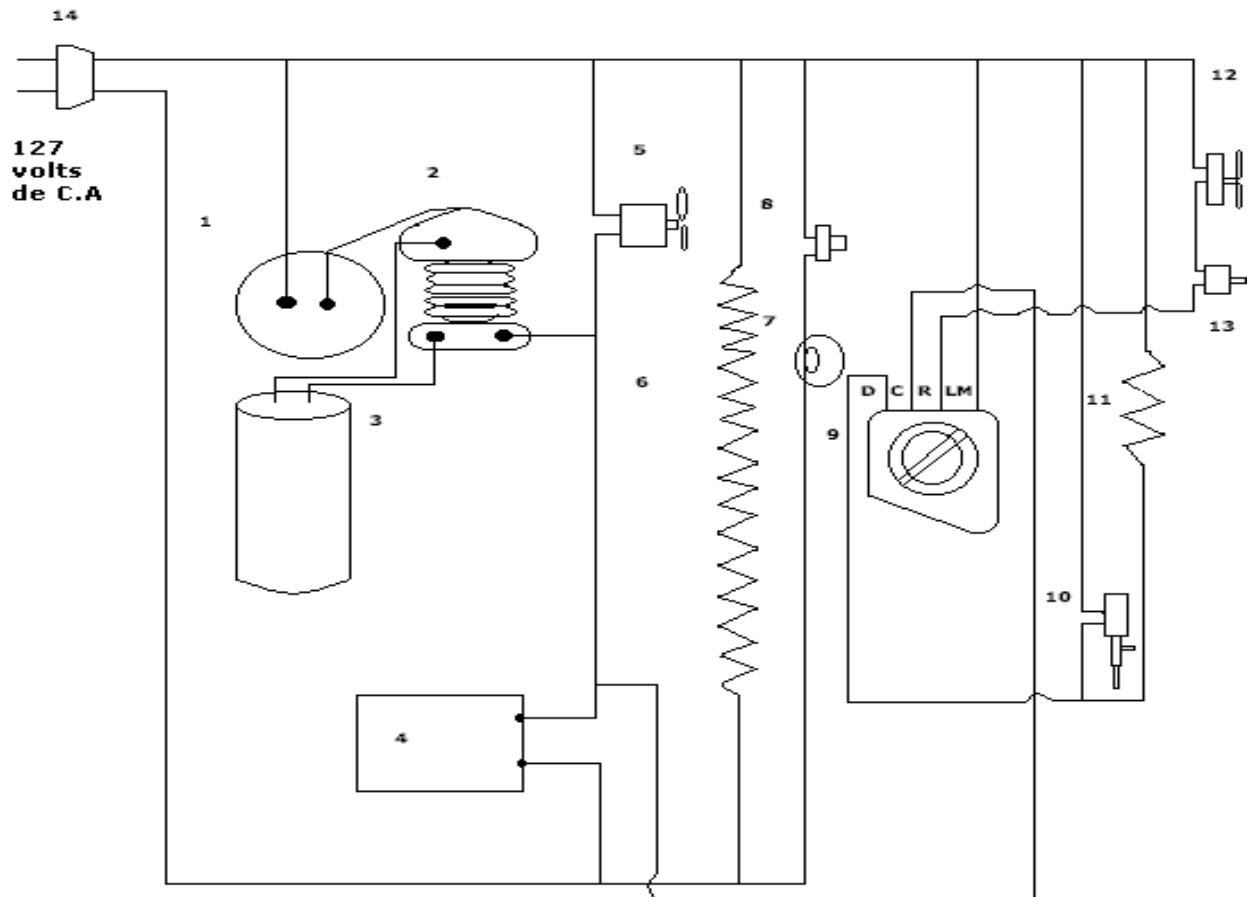
La resistencia cuenta con un interruptor manual, este interruptor se enciende al accionarlo hacia la posición de clima húmedo y se apaga en la posición clima seco. El difusor del serpentín va provisto de un interruptor para evitar las pérdidas de aire frío cuando se abre la puerta del congelador. Cuando esta se encuentra cerrada el difusor trabaja y cuando se abre se apaga.

Algunas variantes de este mismo sistema de refrigeración cuentan con un condensador de tipo panel, por lo que además del compresor, motor del difusor del serpentín y motor del timer, tienen un motor adicional para la ventilación del condensador, que en estos equipos está dentro, en la parte inferior posterior del gabinete, a un lado del compresor.

Cabe mencionar que los sistemas de refrigeración dúplex estadounidenses incorporan de fábrica este tipo de condensadores y que el calor que el ventilador les disipa se emplea para la evaporación del agua residual del deshielo. En estos equipos el aire se jala del exterior y de la parte frontal por el ventilador, y se obliga a circular por entre las tuberías del condensador, las cuales a su paso se libran del calor latente.

Este calor se lleva hacia el compresor y de ahí se impulsa de nuevo hacia el frente por la acción del aspa del ventilador. La parte inferior del gabinete está especialmente construida para funcionar como un túnel de viento ubicado

frente al refrigerador, enfría al condensador y al compresor, y la suma de estos calores la emplea para la evaporación del agua que ese deposita en una bandeja recolectora instalada del lado derecho y por ultimo, sale nuevamente.



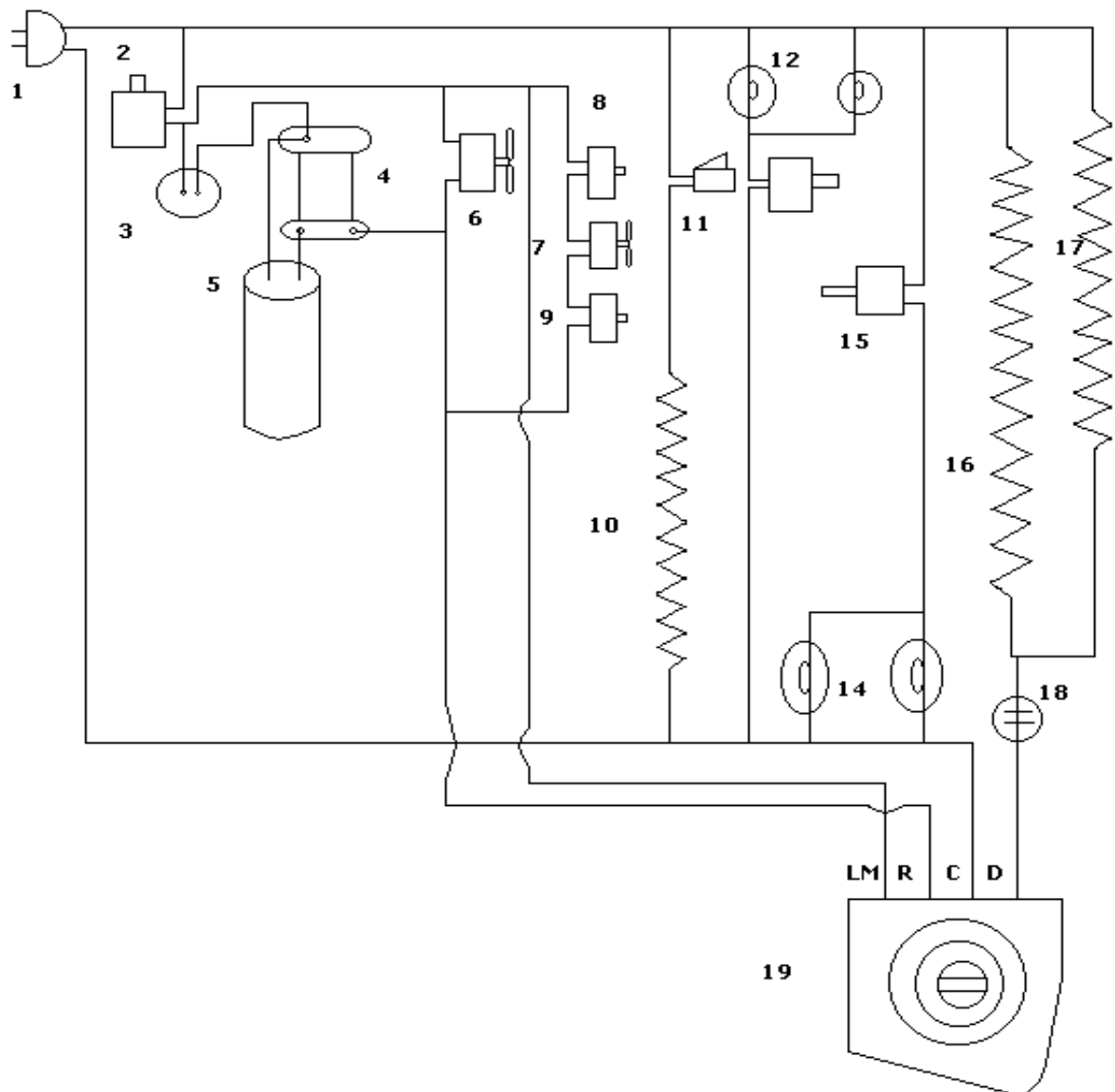
1. Protector térmico de sobrecarga del compresor.
2. Relevador electromagnético de arranque del compresor.
3. Capacitor electrolítico de arranque.
4. Control automático de temperatura.
5. Ventilador del condensador.
6. Resistencia calefactora de marco.
7. Interruptor de presión de los focos del congelador.
8. Foco o lámpara interior del refrigerador.
9. Reloj de deshielo.
10. Válvula solenoide de deshielo.
11. Resistencia de drenaje.
12. Difusor del serpentín con aspa.
13. Interruptor de presión del difusor.
14. Línea de alimentación a corriente alterna.

Figura 4.11 Circuito eléctrico de un refrigerador dúplex con deshielo automático por válvula solenoide.

#### 4.11 Circuito eléctrico de refrigeradores dúplex de deshielo automático por resistencia calefactora.

##### Ciclo de deshielo automático por resistencia calefactora:

La duración de los ciclos de deshielo y de refrigeración en estos sistemas de refrigeración es la misma que en los sistemas anteriores 5.40 horas para el ciclo de refrigeración por 20 minutos para el ciclo de deshielo. Durante el ciclo de refrigeración el compresor y el difusor trabajan normalmente para producir y difundir el frío de modo respectivo, durante el tiempo arriba señalado, hasta que sobreviene el ciclo de deshielo.



1. Línea de alimentación.
2. Control automático de temperatura.
3. Protector térmico.
4. Relevador de arranque.
5. Capacitor de arranque.
6. Ventilador del condensador.
7. Difusor del congelador.
8. Interruptores de presión del difusor.
9. Interruptores de presión del difusor.
10. Resistencia calefactora de marco.
11. Interruptor de resistencia.
12. Focos o lámparas del congelador.
13. Interruptor de presión de focos del congelador.
14. Focos del refrigerador.
15. Interruptor de presión de focos del refrigerador.
16. Resistencia calefactora de deshielo.
17. Resistencia calefactora de desagüe.
18. Interruptor termostático de baja temperatura de la resistencia de deshielo.
19. Timer o reloj de deshielo.

Figura 4.12 Circuito eléctrico de un refrigerador dúplex con deshielo automático por resistencia calefactora.

## **CAPITULO 5**

### **DESARROLLO DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DOMÉSTICOS DE REFRIGERACIÓN**

### **5.1 Fallas en los sistemas de refrigeración sencillos.**

Las fallas en el funcionamiento de los refrigeradores que por su construcción se denominan sencillos se provocan en la mayoría de los casos por dos causas fundamentales:

Desconocimiento total del funcionamiento de los componentes del equipo por parte del usuario y de sus mínimas necesidades de mantenimiento.

Alimentación eléctrica inadecuada. Uso de contactos sobrecargados por varios enchufes, bajo voltaje de alimentación o conexión inadecuada de los equipos al usuario sin clavijas, con conectadores múltiples o con extensiones demasiado largas y cableado no adecuado.

Para su estudio y diagnóstico las fallas que presentan estos sistemas de refrigeración se han dividido arbitrariamente de la siguiente manera:

- ✓ El sistema de refrigeración no funciona.
- ✓ El sistema de refrigeración trabaja continuamente, sin congelar.
- ✓ El sistema de refrigeración trabaja continuamente y congela con exceso.

Todas y cada una se detallan a continuación, y se toma en cuenta que para el diagnóstico de una falla en un sistema de refrigeración del tipo que sea, lo más recomendable es la adopción de una rutina de revisión, lo que asegura una mínima posibilidad de error y por consiguiente, un servicio eficiente y profesional.

La experiencia profesional del técnico cuenta mucho en la adopción de una rutina de revisión, así como el nivel ético que tenga a sus acciones y en su trabajo, y el estado general del sistema de refrigeración sé que se va a revisar para diagnosticar su o sus partes dañadas.

#### **El sistema de refrigeración no funciona:**

Las causas que provocan esta falla son distintas y muy variadas, y son.

- ✓ Cable de alimentación a corriente alterna defectuoso o roto.
- ✓ Control automático de temperatura defectuoso.
- ✓ Protector térmico de sobrecarga del compresor defectuoso.
- ✓ Relevador electromagnético de arranque del compresor.



### **Cable de alimentación a corriente alterna defectuoso o roto:**

Cuando el cable de alimentación se encuentra dañado, normalmente no enciende el foco de iluminación interna del gabinete.

Cuando ni siquiera enciende el foco, se recomienda probar el equipo con un cable adicional provisto de clavija y conectarlo sobre las puntas del cable del refrigerador. Si funciona el aparato, entonces se sustituye el cable completo con todo y clavija.

### **Control automático de temperatura defectuoso:**

Para saber si lo dañado en el control automático de temperatura, se comprueba que el foco de iluminación encienda. Se coloca el control con ayuda de la perilla de regulación manual en la posición de apagado y, enseguida, se gira suavemente hasta que llega a la máxima posición de frío calibrada.

Cuando el control esta en buen estado, casi inmediatamente al girarlo de la posición de apagado se escuchara un clic suave que corresponde al encendido de control automático de temperatura. Si al girar el control automático de temperatura conecte al compresor en un numero que sea mayor que uno o el mínimo de frío calibrado en la perilla, se debe revisar el bulbo del contactar del control, ya que este puede encontrarse picado y, por tal motivo, perder gas sin intermisión por lo que el refrigerador no funciona adecuadamente.

La forma correcta de probar el control automático de temperatura es desarmar la pantalla en la que va montado, desconectar los cables de alimentación del compresor conectados en él y conectarlos entre sí. Si con esto comienza a funcionar el compresor, es indicio que el control debe sustituirse.

### **Protector térmico de sobre carga del compresor defectuoso:**

Cuando el control automático de temperatura sé a demostrado y punteado y aun así no funciona el compresor, se vuelve a conectar el control y procede a revisar el protector térmico de sobrecarga. Normalmente el control se deja en la posición de máximo frío, para que se pueda probar el compresor y su circuito desde la parte posterior del gabinete.

### **Relevador electromagnético de arranque del compresor dañado:**

Cuando el relevador electromagnético de arranque se encuentre dañado y no se cuenta con otro para probarlo a sustitución, se procede a probar directo el embobinado del compresor. Se desconecta el relevador y se conecta la alimentación que se conectaba del mismo al borne de trabajo, entonces se crea un puente momentáneo con un destornillador entre los bornes de trabajo y arranque con el protector térmico de sobrecarga conectado y colocado en su lugar. Cuando al crear el puente se aprecia un pequeño chispazo entre los

bornes pero el compresor no comienza a funcionar, se remplace el destornillador por un capacitor electrolítico de arranque, el cual se conecta entre los bornes de trabajo y arranque al momento que se efectúa el puente momentáneo.

Si aún así el compresor se niega a arrancar, en señal que el campo eléctrico del mismo se dañó, o que se trabó el mecanismo interno del compresor tal vez por una rotura del pistón. En cualquiera de las fallas discretas se toma como dañado la pieza en remplazarse por otra en buen estado permite que funcione adecuadamente el equipo.

Cuando todas las partes discretas se encuentran en buen estado, incluso el compresor, se debe considerar la posibilidad de una rotura en algunos de los conductores del circuito eléctrico del gabinete, por lo que se debe revisar los conectores o zapatos con que se conectan sus diferentes partes

### **El sistema de refrigeración trabaja continuamente, sin congelar:**

Cuando un sistema de refrigeración trabaja continuamente, sin congelar, existe la señal de que el circuito eléctrico se encuentra en buen estado, por lo que se le realiza el análisis del sistema de enfriamiento del equipo.

El primer paso es apagar o girar el control automático de temperatura a su posición de apagado para probarlo. Se gira suavemente y se comprueba la posición en que empieza a funcionar. Si el control enciende al compresor a un número mayor que el del frío mínimo además de la falla que ocasiona la falta de congelación, se debe tomar en cuenta el cambio de control a la hora de proporcionar el presupuesto al cliente.

Después de encendido el compresor se gira el control a la posición de frío máximo que se tenga graduada en la perilla del control que se comprueba visualmente si no existe alguna fuga de refrigerante en el evaporador. Pasa con suavidad la mano sobre las paredes de evaporador para localizar cualquier mancha de aceite que pueda existir. Es necesario recordar que el aceite en una mínima proporción viaja con el refrigerante en todo su recorrido por el sistema de refrigeración, por lo que se encuentra también en forma de vapor en pequeñas gotas revueltas con el mismo.

Cuando se produce una fuga de refrigerante en cualquier punto del sistema de refrigeración ocurre una pérdida de aceite así al exterior y por tanto existe pérdida de aceite lubricante del compresor.

Una forma de ver provisionalmente si existen fugas o pérdidas de refrigerante en el evaporador es mediante la localización de manchas de aceite provocadas por las mismas fugas. Cuando se localiza alguna mancha de aceite en el evaporador es señal inequívoca de existencia de una o de varias fugas, según sea el caso. Se debe tener especial cuidado durante las pruebas de fugas en el

evaporador ya que en algunas ocasiones el evaporador se daña tanto, que se hace necesaria la sustitución completa. Si existe alguna fuga en el evaporador, también es aconsejable comprobar la compresión del sistema de refrigeración, para evitar sorpresas desagradables a la hora de repararlo.

Para probar la presión que tiene el compresor, se corta el tubo de alta presión que alimenta al condensador y se deja salir al exterior el refrigerante que pueda tener a un en sistemas de refrigeración.

Se corta el apéndice del tubo de baja presión para servicio para que el compresor pueda succionar con libertad, y se monta el manómetro de alta presión sobre la tubería de descarga de alta presión y se pone a funcionar. Se conoce que la presión mínima aceptable de funcionamiento para que el refrigerador trabaje bien es de 300 libras sobre pulgada cuadrada y no se consideran aptas presiones obtenidas menores a la indicada.

Si el compresor no proporciona la presión indicada, se debe cambiar, o bien, reparar en caso de contar con experiencia necesaria para realizar este tipo de servicio. Si el compresor comprime adecuadamente se da el presupuesto, y si acepta se procede a los pasos de reparación que son:

Desmontar el compresor para sustituirle el aceite, ya que como existe una fuga en el evaporador, el aceite del mismo no se encuentra a su nivel normal. Además, este mismo aceite se hidrata, por lo que debe cambiarse.

Conecta un tubo de cobre provisto de una tuerca unión de bronce a la línea de baja presión o de retorno del evaporador. Desconectar la línea capilar del filtro-deshidratador y sellarla en su punta para evitar pérdidas de presión al realizar las pruebas de fugas.

Conectar el manómetro de baja presión e inyectar gas o refrigerante en el evaporador. Comenzar a probar línea por línea y marca las fugas que se encuentren. Soldar las fugas y desmontar el evaporador de su sitio. Al desmontar este se desconecta la línea capilar y se deja libre esta terminal del evaporador.

Tomar un filtro-deshidratador del tipo recargable que no contenga Zilina y conectarlo al tubo de retorno, por el que anteriormente se había probado las fugas con el manómetro conectado. Abrir el filtro-deshidratador desde la rotura removible con que cuenta y rellenarlo con tetracloruro de carbono, agente que se utiliza para lavar las tuberías de los sistemas de refrigeración lo cual ofrece múltiples ventajas en su uso y se consigue en cualquier refaccionaría del ramo.

Cuando sea llenado con tetracloruro de carbono el filtro-deshidratador, se cierra este y se inyecta gas a presión para hacerlo circular por todas las líneas del evaporador.

Con dos veces que se efectúa la misma operación se considera que la tubería ha quedado debidamente lavada y deshidratada, ya que remueve impurezas y evacua todo el aceite que pueda quedarse estancado ahí. Además, remueve grandes cantidades de agua de los sistemas de refrigeración.

El procedimiento anterior se repite con el mismo fin de remover el aceite estancado y el agua que pudiera haber sido absorbido por el sistema de refrigeración como consecuencia de la fuga del evaporador.

Con el evaporador y el condensador limpios se arma el sistema de refrigeración nuevamente, se monta el compresor en su lugar con aceite nuevo y se vuelven a soldar bien todas las tuberías y uniones.

Por último, se cambia el filtro-deshidratador por uno nuevo y se suelda en su sitio. El sistema de refrigeración se encuentra listo para realizar un probado a presión.

Una vez armado todo el sistema de refrigeración se inyecta gas a presión y se detectan fugas en todas las soldaduras realizadas. La prueba en los sistemas de refrigeración pequeños se realiza con espuma de jabón detergente. En el mercado existen varios tipos de detectores de fugas, pero con una buena táctica resultan innecesarios su uso, ya que estos detectores son para sistemas muy grandes, donde resulta bastante difícil hacer la prueba con espuma de jabón.

Después de realizada la prueba de fugas, el sistema de refrigeración se somete a una evaluación de vacío. Nunca debe efectuarse el vacío con el compresor del sistema, por que además de que no se obtiene un vacío completo se corre el riesgo de dañar al compresor y dejarlo inservible. Es necesario el uso de la bomba de vacío para un trabajo profesional y confiable.

Como el sistema de refrigeración se encuentra debidamente lavado y deshidratado, el vacío que se efectúa no es muy tardado. Se puede efectuar en un promedio de 15 minutos a dos horas, según sea el criterio a seguir del mecánico, el estado general y el tamaño de las tuberías del sistema.

El sistema de refrigeración se encuentra listo para recibir el refrigerante cuando se han cumplido las siguientes condiciones:

- ✓ Compresor con su aceite lubricante completo y nuevo.
- ✓ Filtro-deshidratador nuevo.
- ✓ Lavado y deshidratado del sistema.
- ✓ Detección exhaustiva de fugas en el sistema.

- ✓ Evaluación del sistema con bomba de vacío o con un compresor adicional que cumpla la función de la misma.

Normalmente se exige todo este trabajo cuando la falla que presenta el sistema de refrigeración se causa por una picadura en el evaporador, el que ocasiona una entrada de agua o de humedad al mismo. La carga de refrigerante se efectúa por el tubo de baja presión para servicio con que cuenta el compresor. Cualquier sistema de refrigeración censillo se carga de refrigerante hasta que la trampa de líquido del mismo se encuentra completamente escarchada. (Debe recordarse que la trampa de líquido puede ser de tubo o de cuadrícula, según los criterios del fabricante.

Se coloca el termómetro en el evaporador, se lanza refrigerante al sistema de refrigeración después de colocarse el tanque de servicio a la manguera de servicio de los manómetros y se queda abierto el mismo hasta que deja de escucharse el silbido que indica el gas cuando ya entro en el sistema. En ese momento el manómetro puede marcar una presión aproximada de 25 a 40 libras sobre pulgada cuadrada. Se conecta el refrigerador y se observa hasta que presión baja la aguja del manómetro. Se espera un promedio de 5 a 10 minutos a que el compresor recircule el gas que e inyecta. Se vuelve a inyectar gas durante mas o menos un minuto y se vuelve a esperar que otra vez recircule el gas al compresor , hasta que se encuentre completamente escarchada la trampa de líquido del evaporador.

Cuando la trampa de líquido se encuentra totalmente escarchada, se toma nota de la temperatura a la que se encuentra el evaporador y se deja trabajar el sistema de refrigeración durante otros 10 minutos, para comprobar si la línea de baja presión o de retorno no hace escarcha. En caso de escarcharse se tiene que dejar escapar un poco de refrigerante a la atmósfera, por breves periodos, hasta que esta desaparezca.

Acto seguido, se baja la graduación del control automático de temperatura, que al principio de la carga de refrigerante se encontraba en su posición de frío máximo, y se deja el frío mínimo o en el numero uno según sea el caso y después se observa las temperaturas de paro y arranque del control por lo menos durante cinco ciclos. Con esto se prueba si el control automático de temperatura no necesita algún ajuste adicional para el buen funcionamiento del sistema de refrigeración y se sella el tubo por donde se efectuó la carga de refrigerante, y se da por terminado el servicio.

### **El sistema de refrigeración trabaja continuamente, y congela con exceso:**

Cuando el sistema de refrigeración trabaja continuamente y congela con exceso, es que se trate de una falla del control automático de temperatura, aunque se debe tomarse ciertas precauciones antes de dar como un hecho que el control es el que falla.

### **Control de temperatura defectuoso:**

Para saber si esta la pieza que falla, la primera acción es ver si el evaporador escarcha completamente. Se da el caso que el evaporador no escarcha del todo, dando que el frío no llega completamente bien hasta el bulbo de contacto del control, por lo que el sistema de refrigeración podrá trabajar horas sin parar. Cuando alguna de las esquinas del evaporador no escarcha adecuadamente, la falla se debe a la falta de refrigerante en el sistema de refrigeración, ya sea por que existe alguna fuga de refrigerante en el mismo o bien por perdida de compresión.

Cuando los sistemas de refrigeración vienen armados de fabrica y el compresor es nuevo, el evaporador congela completamente con una cantidad determinada de gas refrigerante. Al cabo de cierto tiempo de funcionamiento, el compresor baja de presión por desgaste natural de sus piezas internas, por lo que el refrigerante que se cargo ya es insuficiente para el escarchar todo el evaporador. Cuando esto sucede se efectúan los siguientes pasos, que corresponden a una carga de gas de un sistema de refrigeración que no presenta fugas por picaduras en el evaporador.

- ✓ Prueba de compresión en el compresor.
- ✓ Cambio de aceite lubricante del compresor.
- ✓ Evaluación completa del sistema con bomba de vacío.
- ✓ Cambio del filtro-deshidratador.
- ✓ Carga completa de refrigerante del sistema.

No siempre es necesario el lavado del sistema de refrigeración con tetracloruro de carbono. Esto se realiza exclusivamente cuando se ha provocado alguna fuga en el evaporador lo suficientemente grande como para permitir la entrada de agua o de humedad (aire cargado de vapor de agua) al sistema. Lo que si es necesario es la evaluación del sistema de refrigeración con un compresor adicional, o bien, con una bomba de vacío.

Cuando el control automático de temperatura es el defectuoso, se regula o se cambia según el estado del mismo.

También se da el caso que el sistema de refrigeración congela completamente el evaporador, pero el motocompresor produce mucho ruido al funcionar, además que la temperatura que existe en el evaporador es insuficiente para que el control automático se desconecte; por lo que al probarlo un sistema que represente esta falla se debe probar también la temperatura a la que se encuentre el evaporador, la que debe ser inferior en cualquier caso a los  $-10^{\circ}$

C. Si la temperatura no alcanza este mínimo, se debe probar la compresión que produce el equipo.

Otro indicio de que el sistema de refrigeración trabaja continuamente y congela con exceso es que los alimentos que estén en la parrilla inferior inmediata al colector de agua de deshielo del evaporador o bandeja de deshielo se congelen o que a los alimentos líquidos se les forme una nata de hielo.

## **5.2 *Fallas en los sistemas de refrigeración dúplex.***

Para un mejor estudio de los sistemas de refrigeración de refrigeradores dúplex y las diferentes fallas que presentan se analizaran de la siguiente manera:

- ✓ Fallas en los sistemas de refrigeración de cortina desechable.
- ✓ Fallas en los sistemas de refrigeración de deshielo manual por válvula solenoide.
- ✓ Fallas en los sistemas de refrigeración de deshielo automático por válvula solenoide.
- ✓ Fallas en los sistemas de refrigeración de deshielo automático por resistencia calefactor.

## **5.3 *Fallas en los sistemas de refrigeración de cortina desechable.***

**El sistema de refrigeración no funciona:**

La causa por la que el sistema de refrigeración no funciona son varias al igual que en los sistemas sencillos se debe tener una rutina de revisión por localizar las fallas. Se puede realizar la revisión en los sistemas siguientes elementos.

- ✓ Cable de alimentación con clavija.
- ✓ Control automático de temperatura.
- ✓ Relevador electromagnético de arranque y protector térmico de sobrecarga del compresor.
- ✓ Campo eléctrico del compresor mediante arranque manual.
- ✓ Circuito eléctrico del gabinete.

Esta rutina de prueba se realiza por pasos, y se evitan los faltantes una vez que la falla se localiza en cualquiera de ellos. Se realiza de igual forma que en los sistemas de refrigeración sencillos.

### **El sistema de refrigeración trabaja continuamente sin congelar:**

Cuando un sistema de refrigeración trabaja continuamente, sin congelar, igualmente se revisa por pasos; se sobre entiende que el circuito eléctrico se encuentra en buen estado ya que el compresor si funciona.

Las causas de las fallas son:

- ✓ Fugas de refrigerante en el sistema.
- ✓ Falta de compresión del equipo.
- ✓ Humedad en los sistemas.

Las fugas de refrigerante en estos sistemas produce una mancha de aceite en el lugar que se encuentran, por lo que relativamente son fáciles de localizar. Las fugas pueden existir tanto en los evaporadores como en los condensadores que componen el equipo, o bien, en las soldaduras de unión de los tubos. Cuando se localiza una fuga de refrigerante en el sistema de refrigeración, antes de proceder evacuarlo y cargarlo de refrigerante se debe cambiar el aceite del compresor que produce para saber si resiste la carga del refrigerante.

Cuando un sistema de refrigeración de libre escarcha y trabaja continuamente, sin congelar, el primer paso es abrir la tubería de alta presión para realizar de compresión del motocompresor. Al abrir el sistema debe escarcharse la salida de una buena cantidad de refrigerante; esto indica que si existe alguna fuga no visible en el sistema, ya que de existir perdida de refrigerante, la salida de gas del sistema de refrigeración hacia el exterior es escasa o nula.

Si no sale bastante gas al abrir los tubos, se prueba la compresión que desarrolla el equipo y después se busca la o las posibles fugas en las tuberías. Cuando la salida de refrigerante es abundante y la compresión adecuada, se procede el cambio de aceite el compresor, al cambio del filtro-deshidratador y al vacío y el recargado de refrigerante.

En algunas ocasiones se hace necesario el cambio de la línea capilar, cuando esta se encuentra obstruida por impurezas. Se da el caso de encontrar sistemas de refrigeración que ya se repararon, pero de manera deficiente, sin un vacío adecuado, por lo que efectúa la carga de gas una gran cantidad de aire queda atrapado en el sistema y crea tapones de hielo a la salida de la línea capilar del evaporador. Además, el uso indebido del anticongelante daña las paredes internas de la línea del capilar tuberías.



Cuando la salida de refrigerante es abundante y la compresión adecuada, se procede di cambio de aceite del compresor, al cambio del filtro-deshidratador y al vacío y recargado de refrigerame. En algunas ocasiones se hace necesario y el cambio de la línea capilar, cuando esta se encuentra obstruida por impurezas.

Se da el caso de encontrar sistemas de refrigeración que ya se repararon, pero de manera deficiente, sin un vacío adecuado, por lo que al efectuar la carga de gas una gran cantidad de aire queda atrapado en el sistema y crea tapones de hielo a la salida de la línea capilar en el evaporador.

Además, el uso indebido de anticongelante daña FAS paredes internas de la línea capilar y las partes internas del compresor, por lo cual se llega a encontrar sistemas que no congelan porque aquélla se tapó por la presencia de aire o anticongelante el sistema de refrigeración. Para desechar este inconveniente al reparar el sistema de refrigeración se debe cambiar el aceite lubricante del compresor y realizar un vacío del sistema a conciencia antes de efectuar la carga nueva de gas refrigerante.

Cuando hay presencia de aire en el sistema de refrigeración o de anticongelante se dice que existe humedad en el mismo. Bajo ninguna circunstancia se debe utilizar anticongelante en los sistemas de refrigeración que funcionan con compresores del tipo hermético.

### **El sistema de refrigeración trabaja continuamente y congela en exceso:**

Cuando un sistema de refrigeración de cortina desechable trabaja continuamente y congela con exceso, pueden ser dos los orígenes de esta falla:

- ✓ Control automático de temperatura defectuoso.
- ✓ Falla de temperatura en el evaporador secundario o falta de congelamiento en el mismo.

Cuando el control automático de temperatura es el responsable de esta falla, se debe verificar que la congelación sea pareja en todo el evaporador secundario y que el bulbo de contacto del control haga buen contacto con el mismo. Se introduce un termómetro en el compartimiento de congelación y se hace una lectura de la temperatura que produce ahí el sistema de refrigeración.

Si dicha temperatura excede los -20 °C, se debe hacer una segunda lectura en el interior del compartimiento de refrigeración. Si dicha lectura es de 0 °C o inferior, el control automático de temperatura es el defectuoso.

Cuando la lectura de congelador se excede, pero la que proporciona el compartimiento de refrigeración es demasiado alta, aun cuando todo el

evaporador secundario se escarche (alrededor de los 8 °C o más), se recomienda antes de pensar en que el control es el defectuoso, verificar la compresión que proporciona el motocompresor del sistema de refrigeración. Otra indicación de que el control automático de temperatura es el defectuoso, es que a los alimentos en la sección de refrigeración se les forma encima una capa de hielo, o sea, que en dicho compartimiento hay exceso de frío.

Cuando existe una fuga de refrigerante en el sistema de refrigeración, la cantidad del mismo es insuficiente para lograr que todo el evaporador secundario se escarche perfectamente, por lo que el bulbo de contacto del control no recibe una lectura adecuada de frío y por eso el equipo no se detiene, además de que crea una acumulación excesiva de hielo en el evaporador secundario.

Cuando se desea comprobar si todo el evaporador secundario escarcha, primero se localiza en cual de sus esquinas se encuentra montada la punta del bulbo del control y seguidamente se rasca con las uñas un poco de hielo sobre ese lugar, después se mojan las yemas de los dedos con agua y se toca durante algunos segundos.

Si éstas se pegan, quiere decir que la temperatura que existe en ese lugar del evaporador secundario es suficiente para congelar el agua. Si no se pegan se repite la prueba otra vez y si sucede lo mismo puede deberse a falta de refrigerante en el sistema, o bien, a pérdida de compresión del motocompresor por desgaste natural de funcionamiento. Cuando los dedos se pegan, pero el frío es excesivo en el refrigerador y el evaporador secundario se encuentra completamente cubierto de escarcha, lo que falla es el control automático de temperatura.

Cuando los dedos no se pegan, aunque el evaporador secundario esté completamente cubierto de escarcha, la falla es interna en el compartimiento de enfriamiento y no en el control automático de temperatura. Se debe revisar la compresión del sistema de refrigeración, la presencia de fugas en el mismo, la evacuación de cualquier humedad que pudiera existir en su interior y la carga completa de refrigerante.

Cabe recordar que en estos sistemas de refrigeración el evaporador secundario se deshuela sin intermisión para facilitar la limpieza del gabinete al evitar los acumulamientos excesivos de escarcha, por lo que aquél se encuentra provisto de una canal que va montada exactamente debajo de dicho evaporador y es la que desaloja el agua residual de estos deshielos hacia el exterior del gabinete, donde se evapora.

Cuando se acostumbra meter en el refrigerador verduras y legumbres que no estén en bolsas de plástico, en el drenaje se forman hongos que en un momento dado provocan taponamientos que impiden el paso del agua, por lo que ésta se comienza a escurrir hacia el interior del gabinete. Esta falta no se

provoca ni por el control automático de temperatura, ni por el sistema de refrigeración, sino por un descuido del usuario, lo que se corrige en gran parte después de destapar el drenaje, en este caso. se deben cambiar los hábitos del mismo usuario mediante una orientación adecuada.

### **Carga de refrigerante:**

Estos sistemas de refrigeración se cargan de refrigerante de manera muy parecida a los sistemas sencillos. Cada que se efectúe una carga de refrigerante se debe cambiar el aceite lubricante del compresor, así como verificar cual es su estado de compresión en ese momento. A pesar de que algunos de estos sistemas de refrigeración de cortina desechable cuentan con la trampa de líquido montada en el compartimiento del congelador, se carga de refrigerante hasta que roto el evaporador secundario se escarche y que los dedos mojados se peguen con la misma intensidad en todas sus pares. Este es el mejor indicador de que el sistema de refrigeración se encuentra completo de gas.

## **5.4 Fallas en los sistemas de refrigeración de deshielo manual por válvula solenoide.**

Los sistemas de refrigeración de deshielo manual por válvula solenoide presentan fallas que se parecen mucho a las de los sistemas analizados en párrafos anteriores.

Para su estudio, las fallas se dividen de la siguiente manera:

- ✓ El sistema de refrigeración no funciona.
- ✓ El sistema de refrigeración trabaja continuamente, sin congelar.
- ✓ El sistema de refrigeración trabaja continuamente y congela con exceso.
- ✓ El sistema de refrigeración no funciona:

Para localizar la causa de esta avería se recurre nuevamente a la rutina de revisión. El sistema de refrigeración se prueba con la siguiente secuencia:

- ✓ Cable de alimentación y clavija.
- ✓ Control automático de temperatura.
- ✓ Relevador electromagnético de arranque y protector térmico de sobrecarga del compresor.
- ✓ Campo eléctrico del compresor mediante arranque manual.

✓ Circuito eléctrico del gabinete

Una vez que la falla se localiza, se evita según los pasos posteriores de la rutina de revisión, y sólo se corrige la falla para prevenir que se repita nuevamente en el sistema de refrigeración.

La rutina de revisión evita pérdidas de tiempo al tratar de localizar las fallas. La forma en que se realiza ésta se detalló en los sistemas de refrigeración anteriores.

**El sistema de refrigeración trabaja continuamente, sin congelar:**

La falla de funcionamiento sin congelación igualmente puede analizarse por medio de una rutina de revisión que se debe efectuar de la siguiente manera:

- ✓ Revisión del evaporador para localizar posibles manchas de aceite que revelarían la existencia de fugas de refrigerante en el sistema.
- ✓ Verificación de la cantidad de refrigerante existente en el sistema al abrir la tubería para la prueba del compresor.
- ✓ Verificación de la compresión que produce el motocompresor.
- ✓ Revisión de la válvula solenoide de deshielo para certificar que no se encuentra trabada y que continuamente entra gas caliente al evaporador, por lo que se evita con esto la evaporación y producción de frío.

Cuando se tiene duda sobre el buen estado de la válvula solenoide de deshielo; se recurre a una serie de pruebas para analizarla, La primera prueba consiste en conectarla de manera directa e independiente al circuito eléctrico del gabinete, o sea. con un cable extra. Se deja funcionar al sistema de refrigeración con su cable de alimentación. Seguidamente se desconectan las puntas que alimentan al solenoide o bobina de la válvula solenoide de deshielo, se toma un cable provisto de clavija y se conecta el solenoide directo para observar su funcionamiento.

Al conectar la válvula solenoide de deshielo de manera directa, sin que influya en nada el circuito eléctrico del aparato, debe escucharse un golpe suave en el interior del solenoide, que es el que indica que la bobina imanta la aguja y ésta abre el paso libre para el gas caliente hacia el evaporador.

Si el solenoide no hiciera ningún ruido ni se notara ninguna diferencia en el sonido que produce el gas al entrar al evaporador, sería un indicio de que o la válvula solenoide de deshielo se encuentra trabada y continuamente abierta, o bien, que el solenoide ya no sirve.

Esta prueba también se puede aplicar cuando el sistema de refrigeración se niega a efectuar el deshielo aun cuando se ha pulsado el botón de deshielo manual del control automático de temperatura, ya que si se conecta directa la válvula solenoide de deshielo y el aparato comienza a deshelarse, es indicio de que el control automático se encuentra en mal estado y se debe sustituir. En caso contrario, será la válvula solenoide de deshielo la que deba reemplazarse en el equipo.

La segunda prueba de funcionamiento que se efectúa con el solenoide es la siguiente: se corta la línea de deshielo a unos cinco o diez centímetros después de la válvula solenoide de deshielo, se deja escapar libremente el refrigerante del sistema de refrigeración y se abre el tubo de baja presión para servicio con que cuenta el compresor para permitir la libre entrada de aire al sistema.

Después de verificar la cantidad aproximada de refrigerante que escapó y la compresión de la máquina, se conecta el sistema de refrigeración para que el compresor funcione y bombee libremente aire por el condensador.

Se espera a que en el interior del condensador la presión del aire bombeado por el compresor se incremente y, acto seguido, se prueba si en el tubo que quedó conectado a la válvula solenoide de deshielo existen escapes de presión sin que funcione la susodicha válvula.

Se prueba al aplicar un poco de jabonadura en la boca del tubo y se espera a que el compresor funcione. Si se produce espuma en la jabonadura, esto indica que el asiento de porcelana interior de la válvula solenoide de deshielo se dañó, por lo que ya no se realiza un cierre completo al paso del gas cáleme al desconectarse la válvula y la evaporación es deficiente en el evaporador y, por esto, no enfría el sistema de refrigeración adecuadamente.

Si no existen escapes de presión de la válvula solenoide de deshielo hacia la tubería de deshielo, la falla de falta de congelación se ocasiona por cualquier otra causa de las analizadas, pero no por la válvula. Al efectuar este tipo de pruebas en la válvula solenoide de deshielo se debe tener en cuenta que el sistema de refrigeración deberá deshidratarse y recargarse de refrigerante nuevamente.

### **El sistema de refrigeración trabaja continuamente y congela con exceso:**

Esta falla también puede diagnosticarse por medio de una rutina de revisión que en este caso se estructura de la siguiente forma:

- ✓ Chequeo de la congelación del evaporador, para verificar si la temperatura en el sitio donde va instalado el bulbo de contacto del control automático de temperatura es la adecuada. Esta prueba se efectúa al pegar los dedos mojados en el evaporador.

- ✓ Cuando el evaporador congela únicamente en una esquina, se deben verificar la presencia de fugas por manchas de aceite y la compresión que produce el compresor, o bien, la válvula solenoide de deshielo.
- ✓ Cuando el evaporador se encuentra completamente bien escarchado y la temperatura en él es demasiado baja, y si ya se comprobó la congelación en torno al bulbo de contacto, el control automático de temperatura es el causante de la falla.
- ✓ Cuando el escarchamiento en el evaporador es total, pero la temperatura es demasiado alta, se verifican la compresión del compresor y la válvula solenoide de deshielo. En caso de encontrarse bien debe sustituirse la línea capilar del sistema.

### **Carga de refrigerante:**

La carga de refrigerante de cualquier sistema de refrigeración también puede realizarse mediante el desempeño de una rutina de servicio, en la cual debe cumplirse cada paso antes de continuar hasta la terminación del trabajo. Ignorar o pasar por alto cualquiera de estos pasos puede dar como resultado fallas posteriores en el funcionamiento del equipo.

- ✓ Verificación de fugas por manchas de aceite en el evaporador.
- ✓ Prueba de la compresión que produce el compresor del sistema.
- ✓ Cambio de aceite lubricante al compresor.
- ✓ En caso de existir fugas grandes producidas por picaduras en el evaporador, realizar un lavado con tetracloruro de carbono a todo el sistema a conciencia.
- ✓ Probado a presión de todo el sistema para localizar posibles fugas.
- ✓ Cambio del filtro-deshidratador del sistema.
- ✓ Carga completa de gas refrigerante.

### **5.5 Fallas en los sistemas de refrigeración de deshielo automático por válvula solenoide (aire forzado).**

Para la localización de fallas en los sistemas de refrigeración de refrigeradoras dúplex de deshielo automático por válvula solenoide, la rutina de revisión es un poco más extensa que en los sistemas anteriores. Se realiza con base en los siguientes puntos:

- ✓ El sistema de refrigeración no funciona.
- ✓ El sistema de refrigeración trabaja continuamente, sin congelar.
- ✓ El sistema congela en exceso y no se detiene.
- ✓ No se produce el deshielo automático por lo que se crea una pared o bloque de hielo sobre las paredes del congelador.
- ✓ Esgurrimientos internos de agua en el compartimiento de congelación o en la parte inferior-exterior del gabinete.

### **El sistema de refrigeración no funciona:**

Para localizar el origen de esta avería se recurre a una rutina de revisión como las expuestas, sólo que más extensa, y debe realizarse con más detenimiento para no errar por las aparentes causas.

- ✓ Cable de alimentación y clavija.
- ✓ Control automático de temperatura.
- ✓ Reloj de deshielo automático o timer
- ✓ Relevador electromagnético de arranque y protector térmico de sobrecarga del compresor.
- ✓ Campo eléctrico del compresor mediante arranque manual.
- ✓ Circuito eléctrico del gabinete.

Cuando en estos sistemas de refrigeración se aplica una rutina de revisión, se debe tener buen cuidado de que aun cuando la falla localizada no sea inherente al timer, éste funcione correctamente. A continuación se analiza paso por paso.

Cable de alimentación y clavija. Cuando se conecta el sistema de refrigeración a la red de alimentación de corriente alterna, aun cuando el compresor no funcione, deben encenderse los focos. Si éstos no encendieran, debe probarse el buen paso de corriente por todo el cable de alimentación del equipo antes de entrar en acciones mayores.

Control automático de temperatura. Si los focos de iluminación interna del gabinete encienden, el cable de alimentación del equipo se encuentra en buen estado, por lo que ya no es preciso probar este último.

Posteriormente se dirige la atención al control automático de temperatura y se comprueba el encendido y el apagado del mismo al accionarlo al girar en un sentido y en otro la perilla de regulación manual de frío. De acuerdo al sistemas de refrigeración que se trate, la mayoría de éstos llevan montado el control automático de temperatura en el compartimiento de refrigeración, por lo que el control es de tipo ambiental, o sea, que funciona por la temperatura del aire que circule en el interior del refrigerador.

Si existe alguna duda en cuanto al sonido que producen los platinos al encenderlo o apagarlo, se desmonta de su sitio y se puntean los cables conectados en sus terminales. Realmente no importa el hecho de si el control se encuentra instalado en el congelador o en el refrigerador, ya que su funcionamiento se parece y cualquiera de los dos obra con base en la temperatura del aire del compartimiento.

Este hecho sólo es importante en el momento en que se cambia el control puesto que debe ser por uno del mismo tipo. Cuando se desmonta el control automático de temperatura para verificar su estado, normalmente no se instala de nuevo en su sitio, sino hasta después que se ha probado el estado del reloj de deshielo automático o timer.

### **Reloj de deshielo automático o timer:**

Para probar el reloj de deshielo automático, primeramente se localiza el sitio en que va montado sobre el gabinete. Se gira la perilla de regulación manual de tiempo con la que se dota. y se completa todo un giro hasta que se escuche un clic peculiar que es el sonido que producen los platinos al conectarse o desconectarse.

Al girar el timer se debe observar bien la posición en que se encontraba antes de moverse, Como se sabe, los periodos de funcionamiento que proporcionan los timer son de 5.40 horas de enfriamiento por 40 minutos de deshielo.

Al girar el timer debe escuchara un clic, acompañado casi al momento por otro clic. Estos dos sonidos corresponden: el primero, al momento en que se conecta la válvula solenoide de deshielo y se desconecta el difusor del evaporador; y el segundo, a la terminación del ciclo de deshielo y a la reanudación del funcionamiento del difusor de frío.

Cuando la falla se ocasiona por el timer, al girársele inmediatamente comienza a funcionar el compresor del sistema de refrigeración y el difusor del congelador, ya que pudo haberse trabado en un deshielo permanente, por lo que no reconectó al difusor y dejo abierto el paso del solenoide al evaporador. Cuando al efectuar estos cambios el difusor de frío del evaporador si funciona pero el compresor no, la falla no es del *timer*, sino del compresor o los dispositivos de arranque del mismo.



### **Relevador electromagnético de arranque y protector térmico de sobrecarga del compresor:**

En los sistemas de refrigeración de deshielo automático por válvula solenoide, el compresor no deja de funcionar cuando se encuentra en deshielo el sistema, ya que es el que se encarga de bombear gas caliente hacia el evaporador para realizar el deshielo. Cuando el compresor del sistema no funciona, casi nunca es falla producida por el timer en este tipo, por lo que en un momento dado se puede pasar por alto el paso anterior y, después de revisar el control automático de temperatura, dirigirse hacia el relevador electromagnético de arranque y protector térmico de sobrecarga del compresor.

### **Campo eléctrico del compresor mediante arranque manual:**

Si las piezas de arranque del compresor se encuentran en buen estado, se prueba directo o en forma manual el arranque del mismo para verificar su estado. Si el compresor funciona bien, la falla no es inherente al mismo. En caso contrario, se cambia o repara.

### **Circuito eléctrico del gabinete:**

Cuando el compresor funciona adecuadamente y el timer responde a los cambios realizados de una manera manual, pero aun así el sistema de refrigeración no funciona por si mismo, será necesario entonces probar la instalación eléctrica del gabinete.

Según la secuencia presentada, debe localizarse la falla que impide el funcionamiento del sistema de refrigeración y, como en los casos anteriores, se evitan los pasos faltantes una vez que se ha encontrado la pieza averiada.

### **El sistema de refrigeración trabaja continuamente, sin congelar:**

La secuencia por seguir cuando un sistema de refrigeración presenta esta falla es la siguiente:

- ✓ Pérdidas o fugas de refrigerante en el sistema.
- ✓ Humedad en el sistema o línea capilar tapada.
- ✓ Pérdida de compresión del motocompresor del sistema.
- ✓ Válvula solenoide de deshielo trabada.

Cuando el compresor del sistema de refrigeración funciona, se sobreentiende que al menos una sección del circuito eléctrico del equipo funciona bien y que la falla se ocasiona por cualquiera de las causas enumeradas.

### **Pérdidas o fugas de refrigerante en el sistema:**

Cuando no existe producción de frío ni de congelación ocasionada por fugas, normalmente éstas se localizan en el condensador o tuberías adyacentes al compresor. Las tuberías del serpentín de evaporación son de muy buena calidad, por lo que es sumamente raro que en ellas se provoquen pérdidas.

Cuando un sistema de refrigeración de este tipo tiene alguna fuga de refrigerante, la condensación en el condensador es muy escasa, o sea, que éste casi no se calienta. Al abrir las tuberías, la salida de refrigerante hacia el medio es también muy escasa o nula, por lo que se debe probar a presión todo el sistema hasta localizar la fuga y después repararla. Antes de efectuar la reparación del sistema de refrigeración se debe probar la presión que produce el compresor y se debe cambiar el aceite lubricante del mismo, para evitar fallas por una mala revisión.

### **Humedad en el sistema o línea capilar tapada:**

Cuando un sistema de refrigeración no congela, pero además no condensa en lo absoluto, es decir, que la tubería del condensador está completamente fría, se debe considerar la posibilidad de humedad en el sistema o línea capilar tapada. Para probar si existe circulación de refrigerante en el evaporador, se debe desconectar el difusor de frío del congelador. Se introduce la cabeza en el congelador y se escucha atentamente hasta reconocer el sonido que produce el gas al entrar en el serpentín de evaporación. Este sonido semeja el del agua que circula en las tuberías y se debe a que el refrigerante penetra en estado líquido al evaporador. En cualquier sistema de refrigeración se produce este sonido y se conoce vulgarmente como sonido de paso de gas o *expansión de gas*. Si no se escucha, puede ser indicio de dos fallas: o bien el sistema de refrigeración se encuentra tapado por aire congelado o humedad en la salida de la línea capilar, o la línea capilar se encuentra tapada por basura o impurezas.

También puede ocurrir que el compresor no comprima en lo absoluto. Se abre el paso del gas hacia el exterior, se comprueba aproximadamente la cantidad de gas que sale y se corta la línea capilar a la altura en que se encuentra conectada con el Filtro-deshidratador. Si el interior de la línea capilar se nota negruzco, como si existiera tizne, se debe cambiar porque se tapó. En caso de no encontrarse basura en su interior, se prueba la compresión de la máquina y se deshidrata adecuadamente el sistema de refrigeración para eliminar cualquier humedad en el mismo.

### **Pérdida de compresión del motocompresor del sistema:**

La falla de pérdida de compresión es una de las más difíciles de diagnosticar cuando no se han abierto aún las tuberías del sistema de refrigeración. Se

recomienda, una vez más, que antes de efectuar una carga de gas a un sistema se pruebe la compresión que desarrolla.

Dentro de las causas que provocan esta falla, están en primer lugar las reparaciones efectuadas anteriormente de manera deficiente. Puede darse el caso de que el sistema de refrigeración se reparó una o más veces por otros técnicos que jamás lo hicieron de manera adecuada por el uso indebido de anticongelante, o bien, por el hecho de no tener la precaución de comprobar el nivel de lubricante del compresor y cambiarlo.

Antes de efectuar una carga de refrigerante en un refrigerador que se reparó en varias ocasiones se debe probar la compresión, porque aun cuando el sistema de refrigeración se cargara anteriormente de refrigerante, se puede dar el caso de que el compresor no sirva.

#### **Válvula solenoide de deshielo trabada:**

Las ocasiones en que se llega a trabar la válvula solenoide de deshielo, se produce el deshielo aun cuando no se encuentre conectado ^1 solenoide por el timer. En su último periodo de deshielo, la válvula puede quedar trabada o no asentar bien en la porcelana, por lo que el gas caliente circula hacia el evaporador y no se logra la producción de frío.

Esta falla se diagnostica porque el paso del gas en el evaporador es muy fuerte. Se puede revisar el solenoide al golpearlo suavemente, con lo que se destraba y cierra bien. Cuando la falla se repite cada vez que se efectúa un deshielo, se cambia la válvula solenoide por una en buen estado, lo que implica la carga completa del refrigerante, la verificación del compresor y el cambio del aceite lubricante del mismo.

#### **Carga de refrigerante:**

Cuando se efectúa la carga de gas refrigerante en un refrigerador que enfría por medio de forzamiento de aire, surge la duda de en qué momento se encuentra completo y listo para sellarse el sistema de refrigeración. El auxilio que representa introducir al termómetro en el compartimiento de congelación no es suficiente, por lo que se acostumbra realizar la carga de la manera siguiente:

Se inyecta gas en al sistema de refrigeración durante periodos largos y se evita que entre uno y otro el sistema comience a producir vacío en la línea de baja presión o de retorno. Se verifica periódicamente la temperatura a la que se encuentra la línea de baja presión.

En el momento en que aparece escarcha en la línea de baja presión, se deja de inyectar gas en el sistema. Se deja escapar por el manómetro da baja presión de cuando en cuando un poco d8 refrigerante hacia el medio, hasta

que la escarcha que se había formado en la línea de baja presión desaparece totalmente.

Después que el sistema trabaja un periodo mínimo de 15 minutos, se comprueba que la línea de baja presión ya no se escarcha, y se sella el sistema de refrigeración siempre y cuando exista en el evaporador una temperatura mínima de  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  al medio.

### **El sistema de refrigeración trabaja continuamente y congela con exceso:**

Cuando en estos sistemas de refrigeración se produce una falla de este tipo, siempre se ocasiona por falla en los controles automáticos de temperatura. El síntoma de congelación excesiva se nota siempre en el comportamiento de refrigeración, por lo que el cliente se queja de que todo alimento que ahí se pone se congela.

Se introduce el termómetro en el refrigerador y se mide la temperatura a la que se encuentra el aire del medio. Dicha temperatura no debe exceder los  $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ , si es inferior a ésta, probablemente se produzcan indicios de congelación en algunos alimentos.

Cuando el control automático de temperatura provisto de conexiones se instala en el congelador, el control averiado es el de temperatura por compuerta que va montado en el refrigerador. Como se mencionó anteriormente, el ajuste de estos controles es muy crítico, por lo que se debe cambiar por uno en buen estado.

Cuando el control automático de temperatura provisto de conexiones se encuentra instalado en el refrigerador, definitivamente se debe cambiar porque también se encuentra dañado. Antes de sustituir cualquier control se debe hacer una lectura de la temperatura del refrigerador.

No se produce el deshielo automático, por lo que se crea una parecí o bloque de hielo sobre las paredes del congelador:

Cuando se crean acumulaciones excesivas de escarcha o hielo en la pared falsa del congelador, normalmente se pierde el frío tanto en el congelador como en el refrigerador, ya que se bloquea el paso del aire a través de las tuberías del serpentín de evaporación. Las causas de esta falla son varias, a saber:

- ✓ Bobinaje del solenoide abierto o en corto circuito.
- ✓ Termostato de deshielo defectuoso.
- ✓ Reloj de deshielo automático o timer defectuoso.
- ✓ Difusor de frío abierto, en cortocircuito o trabado.

### **Bobinaje del solenoide abierto o en cortocircuito:**

Se da el caso de que el sistema de refrigeración trabaja en perfectas condiciones, pero cuando el reloj de deshielo automático gira el ciclo para que el deshielo comience, éste no se efectúa, y el sistema producirá frío aun cuando el difusor de frío no funcione. De esta manera se acumulará tanta escarcha a los tubos del serpentín de evaporación que se bloqueará materialmente; el paso del aire entre ellos, por lo que el sistema dejará de enfriar.

Cuando se desea probar el estado del bobinaje de la válvula solenoide de deshielo, basta con desconectarlo del circuito del refrigerador y conectarlo directo con un cable provisto de clavija, mientras el sistema de refrigeración deshiela. En caso de encontrarse defectuosa esta pieza, basta con sustituir el bobinaje. ya que no será necesario vaciar el sistema de refrigerante para repararlo.

### **Termostato de deshielo defectuoso:**

Cuando la válvula solenoide de deshielo se encuentra en buen estado, se puede probar su estado interno al desmontar la de su sitio, que es sobre la tubería del serpentín de evaporación. y lanzarle un chorro de refrigerante líquido, Cuando el termostato se congele, debe accionarse la válvula solenoide de deshielo, para lo cual se debe encontrar el *timer* en deshielo.

Una vez que se ha accionado la válvula solenoide de deshielo, se toma entre la palma de la mano el termostato y se entibia hasta que la válvula deje de funcionar. El termostato tiene forma de una pastilla provista de dos cables para su conexión y va instalado en el circuito eléctrico en serie con la válvula solenoide de deshielo, por lo que al no funcionar el termostato tampoco funcionará la válvula. El termostato se conecta a temperaturas inferiores a los -5 °C y se desconecta después de accionarse a los 2 o 4°C. Este tipo de piezas no tiene reparación, por lo que al funcionar inadecuadamente se deben cambiar.

### **Reloj de deshielo automático o timer defectuoso:**

Cuando el timer no funciona, también se producen acumulaciones excesivas de escarcha en el congelador. Si al iniciar la revisión de un refrigerador dúplex se observa que el congelador se escarchó, se gira la perilla de regulación manual de tiempo del timer hasta donde comienza el ciclo de deshielo.

Al llegar a este punto, el difusor de frío se desconectará y la válvula solenoide de deshielo entrará en función. Si se cumplen estas dos condiciones, que el difusor pare y que se accione la válvula solenoide de deshielo, es indicador de que también el termostato se encuentra bien. Se hace una marca que indique la posición en la cual comenzó el ciclo de deshielo y se espera unos 15 o 20

minutos hasta que el solenoide se desconecta y recomienda a funcionar el difusor. Si se espera un lapso razonable y el vástago del timer no se ha movido en lo absoluto, el motor eléctrico del mismo se dañó y se debe cambiar toda la pieza. Por lo lento que es el funcionamiento del *timer*, se reduce la razón de efectuar una marca entre el vástago de éste y el cuerpo, para notar el giro por pequeño que sea.

### **Difusor de frío abierto, en cortocircuito o trabado:**

Cuando el motor eléctrico que funciona como difusor de frío se daña o se traba, también se hace una acumulación de escarcha en el congelador. Aun cuando esta falla aparenta causarse por el equipo de deshielo y sus componentes, es más fácil de detectar que las antes descritas.

En cualquiera de estos casos en los que existe acumulación de escarcha en el congelador, el usuario se quejará de que el sistema de refrigeración no congela y no enfría. Cuando el causante es el difusor de frío, se abre únicamente la puerta del refrigerador para probarse, se oprime el interruptor del difusor con la punta del pie y se observa si éste funciona.

En caso de no funcionar se desmontan los dos interruptores con que cuenta el difusor y se puentea cada uno. Si aun así se rehusara a funcionar el difusor, se desmonta y se prueba de manera directa con un cable para verificar su estado; en caso de encontrarse defectuoso se repara, o bien, se cambia. Cuando en un sistema la causa de la falla es el difusor de frío, debe comprobarse, además, el estado: de las otras piezas del sistema de refrigeración de deshielo automático.

Cuando se encontró y corrigió la causa de las tallas, se le indica al usuario que deshiela su refrigerador al desconectarlo uno o dos días, según sea la acumulación de escarcha en el congelador. Nunca se debe tratar de deshelar manualmente un sistema de refrigeración de este tipo, o con la ayuda de sopletes, ya que se pueden dañar los cableados del congelador o las tuberías del serpentín de evaporación.

Escurrimientos internos de agua en el compartimiento de congelación o en la parte inferior-exterior del gabinete:

En estos sistemas de refrigeración los escurrimientos de agua son comunes y obedecen a dos causas:

- ✓ Cuando se originan en el interior del gabinete se escurre el agua que se genera en el deshielo, pero por alguna causa no se drena hacia el exterior del mismo. Esto sucede cuando la resistencia que calienta el drenaje se dañó. Como el drenaje no se calienta, el agua que comienza a gotear por acción del deshielo se congela al solo contacto con él y forma un tapón de hielo que impide su salida al exterior. Al escurrir el agua en el interior del gabinete se forma un bloque de hielo en el que se

pueden apreciar varias capas distintas, donde cada una corresponde a un ciclo de deshielo. En ocasiones, la acumulación de capas sucesivas de hielo llega a bloquear la libre circulación de aire en el interior de los compartimientos, por lo que el sistema de refrigeración deja de operar satisfactoriamente, pero nótese la diferencia con las fallas anteriores, la acumulación de hielo es sólo en la parte inferior de la pared falsa que cubre el serpentín de evaporación.

- ✓ Cuando los escurrimientos son en la parte inferior-exterior del gabinete y no en el interior, se puede haber zafado la manguera de desagüe de su sitio, o bien, la charola colectora de agua de residuo puede encontrarse rota. En raras ocasiones la manguera de desagüe se zafa del drenaje del gabinete, aunque también puede originar esta falla.

### **5.6 Fallas en los sistemas de refrigeración de deshielo automático por resistencia calefactora.**

Las rutinas de revisión y de reparación de estos sistemas de refrigeración que deshuelan por válvula solenoide, se parecen mucho entre sí las diferencias son mínimas, por lo que únicamente se detallaran aquellos puntos que no se cubrieron en el estudio anterior. Los grupos de fallas se dividen así:

#### **El sistema de refrigeración no funciona.**

- ✓ El sistema de refrigeración trábala continuamente, sin congelar
- ✓ El sistema de refrigeración trabaja continuamente y congela con exceso.
- ✓ No se produce el deshielo automático, por lo que se crea una pared o bloque de hielo sobre las paredes del congelador.
- ✓ Escurrimientos internos de agua en el compartimiento de congelación o en la parte inferior-exterior del gabinete.

#### **El sistema de refrigeración no funciona:**

La rutina que se recomienda es la siguiente:

- ✓ Cable de alimentación y clavija.
- ✓ Control automático de temperatura.
- ✓ Reloj de deshielo automático o timer.

- ✓ Relevador electromagnético de arranque y protector térmico de sobrecarga del compresor.
- ✓ Campo eléctrico del compresor mediante arranque manual.
- ✓ Circuito eléctrico del gabinete.

La rutina de revisión se efectúa de manera similar que en los sistemas de refrigeración de deshielo automático por válvula solenoide, con la única diferencia de que en estos sistemas cuando se efectúa el ciclo de deshielo, el compresor se desconecta totalmente. (Consúltese el circuito eléctrico de estos sistemas de refrigeración y estúdiese su funcionamiento).

### **El sistema de refrigeración trabaja continuamente, sin congelar:**

Secuencia de revisión empleada para esta falla:

- ✓ Pérdidas o fugas de refrigerante en el sistema.
- ✓ Humedad en el sistema o línea capilar tapada.
- ✓ Pérdida de compresión del motocompresor del sistema.

Como se aprecia en la secuencia, el último paso de revisión descrito en el sistema de refrigeración anterior se elimina, ya que este sistema no cuenta con válvula solenoide de deshielo, pero los tres primeros pasos se efectúan de la misma manera.

### **El sistema de refrigeración trabaja continuamente y congela con exceso:**

Después de verificar las temperaturas producidas en los dos compartimientos se genera un juicio sobre esta falla y, en último caso, se sustituye el control automático de temperatura que se encuentre defectuoso.

No se produce el deshielo automático por lo que se crea una pared o bloque de hielo sobre las paredes del congelador:

Los pasos de la secuencia de revisión son los siguientes:

- ✓ Resistencia calefactora de deshielo abierta.
- ✓ Termostato de deshielo defectuoso.
- ✓ Reloj de deshielo automático o timer defectuoso.
- ✓ Difusor de frío abierto, en corto circuito o trabado.



En el caso de la resistencia calefactora de deshielo abierta, cuando la resistencia calefactora de deshielo puede encontrarse dañada y se tiene duda sobre su estado, se desarma la pared falsa del congelador y se saca la resistencia después de desconectarla. Se prueba afuera del gabinete con un cable provisto de clavija y de manera directa; si se encuentra en buen estado se reinstala y se continúa con la revisión.

De igual manera se revisan los tres elementos restantes (b, c y d), pero se debe recalcar que cuando en estos sistemas se realiza el deshielo automático, el compresor se desconecta junto con el difusor de frío del congelador.

Escurremientos internos de agua en el compartimiento de congelación o en la parte inferior-exterior del gabinete:

Se revisan de igual manera que en el sistema de refrigeración de deshielo automático por válvula solenoide (aire forzado).

#### **Carga de refrigerante:**

Cuando se realiza la carga de refrigerante en estos sistemas de refrigeración, se debe tener buen cuidado de que el timer se encuentre en la posición inmediata al final del ciclo de deshielo, para evitar que el refrigerador comience a deshelar mientras se carga de refrigerante el sistema.

### **5.7 Consideraciones finales.**

A continuación se enlistan algunos puntos importantes acerca de las técnicas que pueden ser dañinas para un compresor y lo que si se debe y no se debe de hacer, estas son:

- ✓ Siempre que se realice la revisión de un sistema de refrigeración, se debe tomar en cuenta todas las posibilidades de fallas no reveladas por el usuario, ya que él no conoce el o los sistemas a fondo, por lo que solicita el servicio.
- ✓ Siempre que se requiera recargar de refrigerante un sistema de refrigeración cualquiera que este sea, se debe de probar la compresión que desarrolla el compresor y cambiar el aceite lubricante del mismo.
- ✓ No se debe usar alcohol metílico en los sistemas de refrigeración este es un anticongelante que crea sedimentaciones internas en el sistema y es causante de diversos tipos de ataque químico en su interior, además de que en un gran número de casos daña el interior de los compresores.
- ✓ Siempre debe usarse bomba de vacío para evacuar correctamente los sistemas de refrigeración antes de recargar el refrigerante.

- ✓ Nunca debe realizarse la evacuación con el mismo compresor del sistema ya que esto aparte de dañar al compresor, redundante en una producción de frío deficiente e incrementa la posibilidad de depósitos de humedad.

## **5.8 Relaciones públicas en refrigeración.**

Las relaciones publicas son de vital importancia dentro de la refrigeración, ya que depende de las personas que se encuentran el frente de esta área que un negocio marche adecuadamente, se recomienda en tomar en cuenta los siguientes tips de un buen trabajador en refrigeración.

- ✓ Quien maneja una área en la cual debe tener trato directo con las personas debe conocer bien sus responsabilidades. Un error muy común entre algunas personas que se dedican a vender sus servicios al público es ofrecer aun a sabiendas de que lo que ofrece es muy difícil de cumplir, si no es que imposible. El primer escalón hacia el descrédito v la ruina es prometer sin cumplir.
- ✓ Otro error es tratar de reparar sistemas de refrigeración o mecanismos desconocidos. En ocasiones el técnico se adentra en aparatos de los cuales no tiene el suficiente conocimiento y se desacredita con el cliente, puesto que será difícil que el sistema quede debidamente reparado.
- ✓ El segundo escalón de la caída es tratar de reparar sistemas de refrigeración de los que no se tiene un conocimiento completo sobre su funcionamiento. El último paso para lograr un descrédito completo es prometer la realización de un trabajo específico y no realizarlo. En algunos casos legales a este tipo de acciones se le conoce como robo. Pero en el caso de los prestadores de servicios se le conoce como fraude.
- ✓ Para lograr un servicio de alta calidad, además de tener un conocimiento pleno de la materia, es necesario seguir los siguientes pasos:
- ✓ Explicar ampliamente al cliente cuál es el trabajo que se va a realizar, sin engañarlo en ningún momento.
- ✓ Saber exactamente cuál es el funcionamiento del sistema que se pretende reparar, para evitar dificultades posteriores.
- ✓ Realizar siempre todos los trabajos o cambios de planes prometidas al extender el presupuesto y, si justificadamente no se cambiara alguna parte, descontar del precio el costo de la pieza y comunicarlo al cliente. No existe ninguna disculpa válida para engañar. Siempre se debe entregar lo que promete.

- ✓ Si desea obtener provecho económico y moral en esta actividad, la mejor arma con que se cuenta es la honestidad aunada al conocimiento de la técnica, a la forma de hacer las cosas.
- ✓ En las relaciones públicas que se manejan en el servicio de refrigeración surgen situaciones anómalas. Cuando se está del lado de la razón y se sabe que se ha entregado lo prometido, no hay motivo para tener disgusto o dificultades, y si acaso estos se presentaran, serían fácilmente controlables.
- ✓ En la labor de las relaciones públicas, no puede darse el lujo de enojarse ante un cliente disgustado por un servicio que a él le parezca deficiente, aun cuando a juicio del técnico este bien hecho. Se debe escuchar pacientemente a la persona y llegar siempre a un acuerdo. Por último, recuerde que no existe problema sin solución, ni disgusto sin acuerdo.

### **5.9 Servicio a domicilio.**

Para realizar el servicio a domicilio es indispensable una amplia experiencia en el trabajo, una honestidad bien comprendida y enfocada, y un conocimiento básico sobre las personas para poder comunicarse y establecer así una línea correcta de relaciones públicas. Desde el momento en que un cliente llama para realizar el presupuesto de reparación de un sistema de refrigeración, es porque él mismo desconoce el sistema y necesita del servicio para que se repare. No se cobra exclusivamente por lo que se cambia, sino por saber cómo se debe cambiar y por qué.

Si se observan los tres pasos de relaciones públicas antes mencionadas para atender a la clientela y, además, se cuenta con un conocimiento complejo de los sistemas de refrigeración y una amplia experiencia, el éxito es seguro. Para cubrir un servicio y dar un presupuesto por reparación es necesario hacer una serie de preguntas al usuario del sistema de refrigeración para tener una idea del estado general de éste, a manera de refuerzo de las rutinas de revisión estudiadas anteriormente.

Por ejemplo, las preguntas más comunes que se hacen son las siguientes:

- ✓ ¿Cuánto tiempo tiene sin funcionar el aparato?
- ✓ ¿Qué falla le notaba cuando dejó de usarlo?
- ✓ ¿Hacia mucho ruido?
- ✓ ¿Se sentían descargas eléctricas al tocarlo?
- ✓ ¿Cuántos años tiene con él?

- ✓ ¿Lo han reparado últimamente?
- ✓ ¿Cuándo fue la última reparación?
- ✓ ¿Prendía el foco?
- ✓ ¿En que numero lo usa normalmente?
- ✓ ¿Dejo de enfriar de golpe o poco a poco?
- ✓ ¿Qué otra falla ha notado?

Con esta serie de presumas es posible formarse un juicio sobre el estado general del sistema de refrigeración, así como prevenir malos entendidos o desacuerdos en el momento de realizar el trabajo, y de cobrarlo.

Cada quien modifica las preguntas de acuerdo con su criterio o experiencia, por lo que las descritas aquí son sólo un ejemplo. al aplicar la rutina de revisión correspondiente al sistema de refrigeración de que se trate, se logrará conocer los problemas ocultos que pudiera tener. Además, se debe preguntar al cliente si desea que se repartí alguna otra falla que él notara anteriormente.

La honestidad, el conocimiento exacto de los sistemas de refrigeración y la realización y entrega del servicio prometido al cliente son las llaves del éxito. No usarlas significa el fracaso o bien la cierna mediocridad.

A manera de apéndice se describe a continuación un sencillo código de comportamiento.

#### **Código de comportamiento del profesional en refrigeración:**

- ✓ Conocer ampliamente la técnica de la refrigeración.
- ✓ Honestidad en todas las acciones personales.
- ✓ Entregar siempre lo que se promete.
- ✓ Controlar las emociones personales ante los clientes.
- ✓ Realizar el trabajo por el trabajo mismo v no sólo por el dinero.
- ✓ No comprometerse a la reparación de sistemas de refrigeración que se desconozcan.
- ✓ No comprometerse a reparaciones imposibles.

- ✓ Efectuar toda reparación a completa satisfacción del cliente.
- ✓ Prioridad máxima a cualquier reclamación.
- ✓ Autocrítica periódica para realizar sólo buenos trabajos.
- ✓ Cumplir todas las citas con los clientes.

### **5.10 Programa de mantenimiento de un equipo casero de refrigeración.**

Una vez que se bosquejo en forma general el diagnóstico de una falla en sistemas de refrigeración, procederemos a hacer nuestro programa de mantenimiento.

Para poder llevar a cabo nuestro programa de mantenimiento es necesario seleccionar un equipo de refrigeración doméstica. En nuestro caso particular, seleccionamos un refrigerador doméstico es de la marca Across, sencillo por lo que nos ahorramos problemas en caso de haber sido Dúplex.

Resulta que el refrigerador doméstico estaba quemado del compresor, por lo que se hizo una limpieza al sistema, cambio de filtro-deshidratador y carga de refrigerante, siguiendo las técnicas necesarias para hacer un buen trabajo técnico.

Ahora procederemos a describir cual sería su programa de mantenimiento óptimo.

### **5.11 Mantenimiento preventivo de un equipo casero de refrigeración.**

Los dispositivos que utilizan estos refrigeradores requieren un mantenimiento regular. Cada trabajo debería tener una hoja de registro puesta de manera que el mecánico pueda recordar el trabajo que se hizo. La hoja también debe mostrar cuando se llevaron a cabo las pasadas tareas de mantenimiento. El estado del equipo indicará si el tiempo entre los trabajos de mantenimiento es suficiente.

Los procedimientos de mantenimiento general deben incluir lo siguiente:

Hacer una revisión general cada mes incluyendo los siguientes puntos:

- ✓ Revisar la temperatura del congelador
- ✓ Revisar la temperatura del gabinete.

- ✓ Revisar la corriente de arranque del compresor.
- ✓ Revisar la corriente de trabajo del compresor.
- ✓ Checar la continuidad en el foco del gabinete.
- ✓ Checar la continuidad en el interruptor de encendido del foco y hacerle limpieza si es necesario.
- ✓ Revisar que el termostato este operando en optimas condiciones de trabajo.
- ✓ Revisar que no existan cables pelados.
- ✓ Hacer una inspección general a todo el sistema para observar si existen manchas de aceite. En caso de encontrarlas, se procederá a investigar si existe fuga y darle el mantenimiento correctivo necesario.
- ✓ Revisar que la puerta no este chueca y que el gasket aíse bien el gabinete.
- ✓ Realizar una limpieza general del área que rodea a los equipos.
- ✓ Reapriete de conexiones eléctricas.
- ✓ Si es necesario hacerle un lavado al condensador.
- ✓ Hacer una tabla de los tiempos de paros y arranque del compresor, para un mejor diagnóstico.

Todo lo anterior no se lleva a cabo en la práctica, solo cuando el usuario ve que no congela su equipo de refrigeración es cuando llama al técnico especializado.

Pero de llevarse a cabo tendríamos las siguientes ventajas:

- ✓ Considerable ahorro de energía.
- ✓ Aumento del rendimiento del equipo.
- ✓ Reducir la posibilidad de falla.
- ✓ Aumentar la vida útil del equipo.

Si lo consideramos como una pequeña inversión, a la larga saldría poca la inversión en comparación con los beneficios. Esto se esta llevando a la práctica en tiendas comerciales mediante una póliza de mantenimiento que venden a los consumidores de aparatos electrónica y línea blanca.

## CONCLUSIONES

A partir del trabajo realizado se concluye lo siguiente:

El objetivo general dice así: “Realizar un análisis completo, tanto teórico como práctico, acerca de equipos caseros de refrigeración para desarrollar un manual de operación y mantenimiento, y así, poder determinar las posibles fallas y soluciones en su operación y mantenimiento”.

Por lo que al hacer su análisis se concluye que si se cumplió dicho objetivo ya que se investigó lo siguiente:

- ✓ Se analizó que para poder entender bien este trabajo recepcional, es necesario entender una gran variedad de conceptos de electricidad hasta lo que es el control de motores.
- ✓ Para que pueda trabajar el compresor de un refrigerador casero, que es conocido como el corazón del sistema de refrigeración, es necesario que este acoplado herméticamente a un motor eléctrico, por lo que se hace necesario el análisis de los motores de fase dividida o fase partida.
- ✓ El ciclo de refrigeración por compresión mecánica esta compuesto por cuatro componentes, que hacen un proceso termodinámico único, que de no existir sería imposible realizar dicho ciclo de refrigeración.
- ✓ Que análogamente, también es necesario tener buenas bases teóricas de la termodinámica ya que aquí es donde se fundamentan todos los conceptos teóricos para el entendimiento del ciclo de refrigeración.
- ✓ Que existen una gran variedad de equipos de refrigeración domésticos por lo que se hizo el análisis tanto desde el punto de vista de la termodinámica como desde el punto de vista de la electricidad.
- ✓ Que para poder entender el funcionamiento eléctrico, se hizo un análisis completo acerca de sus principales componentes que son:
  1. Motores de fase dividida o partida.
  2. Capacitores electrolíticos de arranque.
  3. Relevadores de arranque (conocidos como relays).
  4. Interruptor de temperatura o termostatos.
  5. Protectores térmicos o de sobrecarga de corriente.

- ✓ También comprobamos que es necesario conocer el comportamiento de los diferentes tipos de circuitos eléctricos, así como de sus propiedades para el aprovechamiento de estos.
- ✓ Como logramos analizar una gran cantidad de refrigeradores, al final nos decidimos por manejar un solo refrigerador para el desarrollo de nuestro programa de mantenimiento ya que si nos enfocamos a todos nos hubiera llevado una gran cantidad de tiempo y aprovechamos que se le dio mantenimiento a un refrigerador sencillo para basarnos de ahí y tomarlo como referencia.
- ✓ Sentimos que las recomendaciones que se hicieron durante el desarrollo del programa de mantenimiento se podrían ocupar para cualquier tipo de refrigerador doméstico, solo habrá que adaptarle los nuevos elementos como el reloj de deshielo.
- ✓ En las consideraciones finales se hacen recomendaciones para que toda persona que se quiera dedicar a esta actividad, los tome muy en cuenta de lo que se debe y no se debe de hacer.
- ✓ Ante todo, cuando nos dedicamos a esta actividad habrá que ser honestos y realizar un buen trabajo y que este hable por nosotros y así despegarnos como grandes contratistas en el área de la refrigeración y ¿por que no?, en el aire acondicionado.
- ✓ Por último solo resaltar que el área de la ingeniería mecánica y el área de ingeniería eléctrica están estrechamente relacionadas dentro del campo laboral por lo que es difícil encontrarlas separadas y es necesario tener un cierto grado de dominio de ambas.



## TABLAS DE DATOS TÉCNICOS

Capacidad en H.P	Consumo en amperes (aproximaciones)
1/2 - 1/10	1.0 a 1.6
1/8	1.8 a 2.4
1/6	2.5 a 3.4
1/5 - 1/4 L	3.5 a 4.2
1/4	3.8 a 4.6
1/3	4.4 a 5.8
1/2	6.5 a 8.2

Tabla 1. Nos muestra el consumo de amperes de compresores herméticos a diferentes capacidades.

Numero	Capacidad
<b>KELVINATOR</b>	
MRP-36AMN	1/8
MRP-40AMN	1/8
MRT-22APN	1/4L
MRA-7915	1/4L
MRA-6972	1/4L
MRT-28ALN	1/4P
MRA-6974	1/4P
MRA-6059	1/3
MRT-26ALZ	1/3

Numero	Capacidad
<b>TECUMSEH</b>	
MRP-75HX	1/8
MRD-36GL	1/6
MRP-36GL	1/6 O 1/5
MRP-40GX	1/5
MRT-22APN	1/4
MRD-36ALX	1/4
MRP-36AKX	1/4

Numero	Capacidad
<b>COMITZU-MITSUBISHI</b>	
MRP-59ALZ	1/8
MRP-45GZ	1/6
MRP-43GZ	1/6
MRP-37AFN	1/4
MRP-24EM	1/3
MRD-24EM	1/2

Numero	Capacidad
<b>IEM WESTINGHOUSE</b>	
MRP-39JX	1/6

Tabla 2. Nos muestra las claves de los protectores térmicos de sobrecarga.

Numero	Capacidad
KELVINATOR	
042-131	1/8
042-138	1/8
202-154	1/4L
202-157	1/4L
204-174	1/4L
204-171	1/4P
204-168	1/4P
104-167	1/3
204-178	1/3

Numero	Capacidad
TECUMSEH	
040-125	1/8
041-135	1/6
040-155	1/6 O 1/5
141-155	1/5
041-168	1/4
040-172	1/4

Numero	Capacidad
COMITZU-MITSUBISHI	
041-125	1/12
041-135	1/8
041-145	1/6
041-161	1/4
204-168	1/3
204-174	1/2

Numero	Capacidad
IEM WESTINGHOUSE	
202-154	1/6

Tabla 3. Nos muestra las claves de los relevadores electromagnéticos de arranque.

CAPACITORES ELECTROLITICOS DE ARRANQUE	
Capacidad en $\mu F$	Capacidad del compresor en h.p.
80 a 108	1/12 , 1/8
110 a 140	1/6
145 a 175	1/5 , 1/4
189 a 227	1/3 , 1/2

Tabla 4 Nos muestra las claves de los capacitores electrolíticos de arranque.

## BIBLIOGRAFÍA

Refrigeración y acondicionamiento de aire  
W. F. Stoecker.  
Ed. McGraw Hill. 1965

Termodinámica.  
Virgil Moring Faires.  
ED. UTHEA. 1997

Termodinámica. Tomo II.  
Cengel Yunus A.  
Boles Michael A.  
Ed. McGraw Hill. 1996

Termodinámica clásica.  
Russell y Adebisi.  
Ed. Addison-Wesley IBEROAMERICANA. 1997

Manual de refrigeración industrial.  
Principio, diseño y aplicaciones.  
Mycom. Mayekawa de México, S.A de C.V.

Manual de refrigeración y aire acondicionado.  
Botero Camilo.  
Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. 1995

Electrónica práctica. Tomo I.  
Contin Sanz.  
Ed. McGraw Hill. 1988

Ingeniería termodinámica.  
Francis f. huang.  
Ed. CECSA, 1994.

Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración.  
Hernández Goribar.  
Ed. LIMUSA, 1992.

Tratado práctico de refrigeración automática.  
Alarcón Greus.  
Ed. Marcombo, 9ª edición, 1981.

Manual de refrigeración doméstica.  
Hernández Valadez José.  
Ed. Trillas, 2ª edición, 1999.

Principios de refrigeración.  
R. Warren Marsh.  
C. Thomas Olivo.  
Ed. Diana, 2ª Edición, 1994.