



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
CAMPUS ARAGÓN**

**“DISEÑO ELÉCTRICO Y ANÁLISIS DE COSTOS DE UN
EQUIPO DIDÁCTICO DE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO - ELECTRICISTA
P R E S E N T A N :
RENÉ GONZÁLEZ HERRERA
JORGE MARTÍNEZ GARITA

ASESOR:

ING. ALEJANDRO RODRÍGUEZ LORENZANA

MÉXICO

2004



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.

A mi madre

Esta tesis se la dedico a mi madre a quien agradezco de todo corazón por su amor cariño y comprensión. En todo momento los llevo conmigo.

Te doy gracias por tu apoyo por haber estado cuando te necesite y por lo que soy gracias.

A mis hermanos

Por la compañía y el apoyo que me brindan. Se que cuento con ellos siempre. gracias por confiar en mí.

A nuestro asesor Ing. Alejandro Rodríguez Lorenzana

Por su disposición y ayuda brindada durante mis estudios.

A mis profesores

Que me brindaron tan solo una extensa parte de sus conocimientos.

A mis amigos

Que por medio de discusiones y preguntas me hacen crecer en conocimiento. Gracias por su amistad.

Y si alguien me faltó sientase aludido por favor. A todos muchas gracias les deseo lo mejor.

RENÉ GONZÁLEZ HERRERA

A mis padres

Por darme el apoyo, consejo, valores, educación, formación y ayudarme a ser una mejor persona.

A Lorena

Por la colaboración, la motivación y por estar a mi lado y ser un aliciente a la superación.

A Aixa Ximena

Eres mi principal motivación.

A mis hermanos

Por ayudarme a descubrir tantas cosas.

A nuestro asesor Ing. Alejandro Rodríguez Lorenzana

Por sus consejos y el tiempo que amablemente nos dedico.

A los profesores

Por haber contribuido en mi formación profesional.

Mis amigos

Por su agradable compañía y los buenos momentos.

Gracias a todos por su valiosa colaboración.

JORGE MARTÍNEZ GARITA

INDICE

Titulo de tesis	1
Objetivo general	2
Objetivos particulares	2
Justificación	2
Introducción	3

Capítulo 1 “ Antecedentes básicos de electricidad ”

1.1	Teoría del electrón	5
1.2	Producción de electricidad estática	7
1.3	Corriente eléctrica	9
1.4	Conductores aislantes y semiconductores	10
1.5	Diferencia de potencial y fuerza electromotriz	11
1.6	Identificación de la corriente alterna y la corriente directa	13
1.7	Transmisión y distribución de la electricidad	13
1.8	Protección del circuito	16
1.9	Requisitos de los circuitos para los sistemas de refrigeración	17

Capítulo 2 “ Antecedentes básicos de termodinámica ”

2.1	Análisis macroscópico y microscópico	24
2.2	Sustancias operantes o de trabajo	24
2.3	Sistema cerrado y abierto	25
2.4	Propiedades intensivas y extensivas	28
2.5	Fases de una sustancia. Cambios de fase	29
2.6	Procesos y ciclos	30
2.7	Unidades S.I de fuerza y de masa	31
2.8	Volumen específico	35
2.9	Presión	36
2.10	Igualdad de temperatura	40
2.11	Ley cero de la termodinámica	41
2.12	Escalas de temperatura	41

Capítulo 3 “ Ciclo de refrigeración por compresión de vapor ”

3.1	Ciclo inverso de Carnot	46
3.2	Consideraciones relativas al refrigerante	47
3.3	Ciclo de refrigeración por compresión de vapor	49
3.4	Ciclo de compresión de vapor	50

3.5	Sistema de refrigeración por cascada	53
3.6	Sistema de refrigeración por compresión de múltiples etapas	56
3.7	Sistema de refrigeración de propósito múltiple con un solo compresor	58

Capítulo 4

“ Ciclo de refrigeración industrial por compresión de vapor ”

4.1	Compresor	63
4.2	Silenciadores	68
4.3	Manómetros	68
4.4	Presostato de alta presión	69
4.5	Presostato de baja presión	70
4.6	Separador de aceite	70
4.7	Condensador	72
4.8	Recibidor, receptor de líquidos o depósito de líquidos	74
4.9	Mirillas e indicadores de humedad	75
4.10	Filtro deshidratador o colador-secador	77
4.11	Cambiadores e intercambiador de calor	78
4.12	Válvula solenoide	79
4.13	Válvula de expansión termostática	81
4.14	Difusor	82
4.15	Acumulador de succión	84
4.16	Termostato	85
4.17	Otras válvulas	87

Capítulo 5

“ Circuitos eléctricos de los componentes eléctricos ”

5.1	Motores eléctricos	93
5.2	Motores de fase dividida o fase partida	98
5.3	Motor con capacitor de arranque	99
5.4	Motor con capacitor permanente	99
5.5	Motor con capacitor de arranque, capacitor de operación	100
5.6	Motor de inducción	101
5.7	Motor eléctrico de un compresor	101
5.8	Termostato	104
5.9	Relevador de corriente	105
5.10	Capacitor permanente	108
5.11	Capacitor de arranque	109
5.12	Protector térmico	110
5.13	Presostatos	111
5.14	Arrancadores	113

Capítulo 6
“ Construcción y evaluación de costos ”

6.1	Material mecánico-eléctrico requerido	117
6.2	Construcción de la estructura metálica	118
6.3	Análisis de los componentes eléctricos	122
6.4	Diseño eléctrico del equipo de refrigeración	127
6.5	Comparación de equipos que ofrece el fabricante	127
6.6	Comparación de costos de equipos	138
Conclusiones		139
Bibliografía		140

**DISEÑO ELÉCTRICO Y ANÁLISIS DE COSTOS DE UN EQUIPO
DIDÁCTICO DE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL**

TRABAJO RECEPCIONAL
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO-ELECTRICISTA.

OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño eléctrico de un equipo de refrigeración industrial, propuesto para el Laboratorio de Máquinas Térmicas de la ENEP Aragón, así como un análisis de costos para analizar la posibilidad de construirlo.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Hacer un análisis de los conceptos básicos de la electricidad para un mejor entendimiento del comportamiento eléctrico del ciclo de refrigeración industrial.
2. Hacer un análisis de los conceptos básicos de la termodinámica para un mejor entendimiento del comportamiento térmico del ciclo de refrigeración industrial.
3. Realizar una investigación acerca de los diferentes fabricantes sobre los componentes auxiliares del ciclo de refrigeración industrial.
4. Hacer un análisis eléctrico de todos los componentes, para proponer el circuito eléctrico adecuado.
5. Hacer un análisis de costos para realizar la selección de componentes mas económicos y rentables.
6. Proponer en forma general la forma en que se debe de construir el equipo didáctico de refrigeración industrial.

JUSTIFICACIÓN

El propósito de realizar este trabajo es el de poder contribuir con un poco de nuestra experiencia al mejoramiento de la academia de nuestra ENEP Aragón, además de conseguir nuestro título profesional.

Al empezar a buscar tema de titulación se nos presento la oportunidad de desarrollar este trabajo con nuestro asesor, resulta que se esta haciendo la investigación para construir el módulo didáctico, pero las personas que lo están proponiendo son del área mecánica, por lo que desconocen ciertas cosas del área eléctrica. Entonces surgió la idea de trabajar en forma conjunta y desarrollar esta parte del proyecto.

Al analizar el trabajo desarrollado, comprendimos que si podíamos realizar nuestra parte de manera óptima, por lo que consideramos que podemos dejar un buen legado a las próximas generaciones de estudiantes de nuestra escuela.

Además contamos con la ayuda y supervisión de manera multidisciplinaria de nuestro asesor y nuestros sinodales, ya que de una forma u otra todos contribuyeron para el buen desarrollo de este proyecto. Así abarcamos conceptos típicos de ingeniería mecánica como de ingeniería eléctrica.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo es la continuación de un proyecto que se está llevando a cargo de nuestro asesor, pero como se encuentra dentro del área mecánica, les a costado trabajo analizar y diseñar los circuitos eléctricos que se requiere para el buen funcionamiento de este. Además de hacer de una vez la evaluación de costos y analizar si este módulo didáctico propuesta es o no costeable.

Para poder entender todo lo relacionado con los conceptos básicos de electricidad, haremos una reseña de estos conceptos básicos, abarcando el primer capítulo, ya que consideramos que si alguna persona se interesa en analizar este proyecto de titulación, es necesario que tenga una base para el manejo de conceptos de electricidad y no este consultando alguna otra fuente de información.

El capítulo segundo es muy similar al concepto manejado en el primer capítulo, solo que a diferencia de este, aquí nos enfocamos al estudio de la termodinámica, ya que el módulo propuesto es acerca de la refrigeración, y el estudio de esta, se basa en el comportamiento termodinámico.

En el capítulo tres se hará un análisis muy rápido y principios de funcionamiento acerca del ciclo de refrigeración, para una mejor comprensión de este, así como también nos enfocaremos a los diferentes tipos de sistemas que se pueden tener con el ciclo de refrigeración por compresión de vapor, llegándonos a sorprender la gran variedad de estos que se pueden encontrar dentro del mercado laboral.

Como el módulo propuesto abarca a todo tipo de componentes, y éstos se encuentran dentro de lo que se conoce en el mercado laboral como refrigeración industrial, hemos enfocado el capítulo número cuatro a realizar una remembranza acerca del principio de operación y funcionamiento de estos componentes mecánicos y eléctricos, y así poder comprender como funcionará el módulo una vez construido.

En el capítulo cinco volvemos a enfocarnos a la parte de la electricidad, pero esta vez ya enfocado a los diferentes motores eléctricos aplicados a la refrigeración, así como también al análisis de todos los circuitos que se rigen dentro de estos motores, esto es con el fin de diseñar el mejor circuito, más confiable y económico del mercado, para el óptimo funcionamiento del módulo didáctico propuesto.

Por fin en el capítulo seis, haremos diferentes dibujos de la forma en que van siendo seleccionados y dispuestos los diferentes componentes del módulo didáctico y haremos el diseño eléctrico de dicho módulo, así como también haremos un estudio en el mercado de trabajo para determinar cuáles serían los componentes a seleccionar y cuál sería su costo.

Aquí nos parece la parte más importante, por que nuestro asesor pretende que hagamos comparaciones con los diferentes fabricantes que puedan construir dichos módulos, y observar si es conveniente fabricarlo aquí mismo o mejor mandarlo a comprar.

CAPITULO 1

"ANTECEDENTES BÁSICOS DE ELECTRICIDAD"

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 este trabajo como introducción a la electricidad. Con éstos fundamentos, se definen los términos eléctricos comunes en una forma práctica.

Posteriormente se incluyen los factores que influyen en el análisis de los circuitos eléctricos para los sistemas de refrigeración con objeto de lograr una comprensión de la forma y el porque se utiliza la electricidad.

1.1 Teoría 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.

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 aún más, el examen al microscopio revelaría que cada una de estas gotas 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 aún tuviera sus propiedades químicas, la partícula resultante sería lo que se llama "molécula".

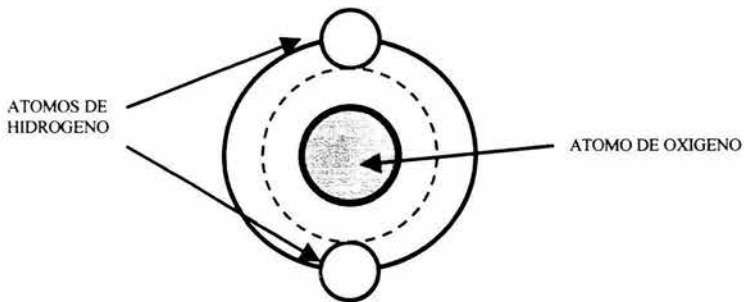


Figura 1.1. Molécula de agua.

Si aún 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".

En este ejemplo una molécula de agua está formada de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Aún cuando el agua está formada por dos tipos diferentes de átomos las moléculas

de otros materiales contiene muchas diferentes combinaciones de casi 100 tipos de átomos. Esto se conoce como elemento.

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, 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".

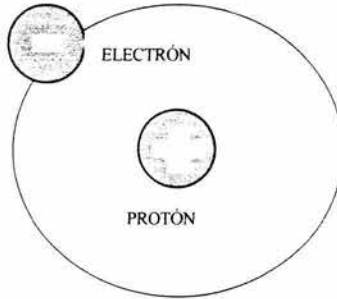


Figura 1.2. Átomo de hidrógeno.

La teoría del electrón establece que toda la materia esta formada de cargas eléctricas en diversas combinaciones. El esquema ilustra la forma en que las partes del átomo de cobre están arregladas de acuerdo con la teoría del electrón.

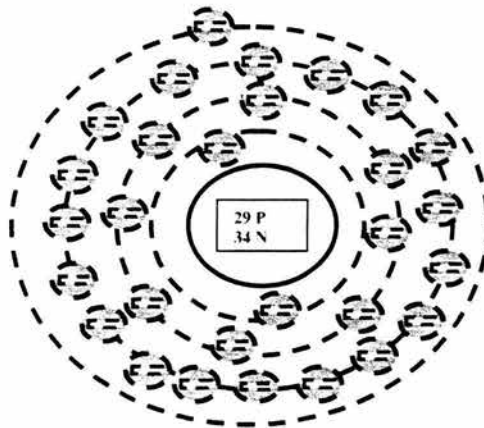


Figura 1.3. Átomo de cobre.

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 éstas cargas positivas, el núcleo también contiene

“neutrones”. Los neutrones son partículas eléctricamente neutras ya que consisten de un electrón y un protón unidos entre si. Los neutrones se encuentran representados en las ilustraciones 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 más alejados del núcleo y que pueden forzarse a salir fácilmente de sus órbitas. Estos son el contraste de los electrones “unidos” que no pueden forzarse a salir con facilidad de sus órbitas.

Dicho en otras palabras, la electricidad es un efecto del movimiento que tienen los electrones al viajar de un lado a otro.

Cargas positivas y negativas

Se dice que un material tiene “carga negativa” cuando tiene un exceso de electrones (cargas (-)). Un material que tiene el número 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.

Atracción y repulsión de cargas

Los materiales que se encuentran cargados con electricidad estática se atraen o se repelen entre si. La atracción se realiza entre cargas distintas debido a que el 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.

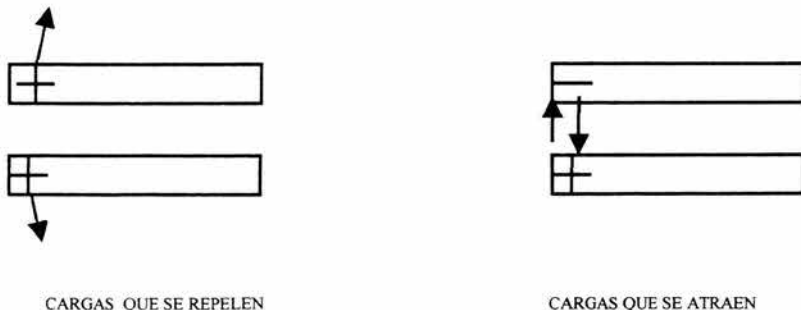


Figura 1.4. Atracción y repulsión de cargas.

1.2 Producción de electricidad estática.

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 ceda 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.

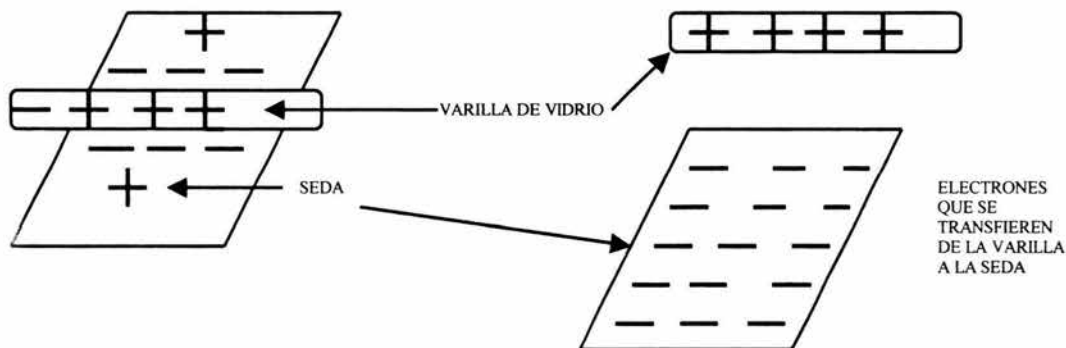


Figura 1.5. Producción de una carga positiva.

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.

Descarga de las cargas estáticas

Dos objetos con cargas estáticas opuestas pueden descargarse mediante diversos métodos, de los cuales tres más comunes incluyen a los siguientes:

- 1) Conexión entre si.
- 2) Por contacto.
- 3) Mediante un arco (cuando la fuerza o diferencia de potencial entre las dos cargas es lo suficiente grande).

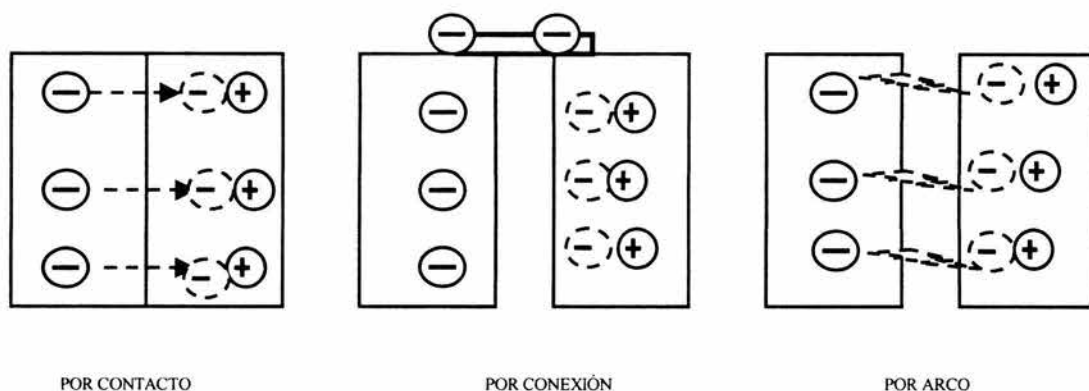


Figura 1.6. Atracción y repulsión de cargas.

Cuando el compresor impulsado por banda se conecta a "tierra", por ejemplo con una tubería de agua, las cargas de electricidad estática se eliminan sin peligro. Independientemente del método de "descarga estática", las cargas (-) fluyen hacia las (+) hasta quedar balanceadas eléctricamente. Se dice que en estas condiciones las cargas se han neutralizado.

1.3 Corriente eléctrica.

Aún 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.

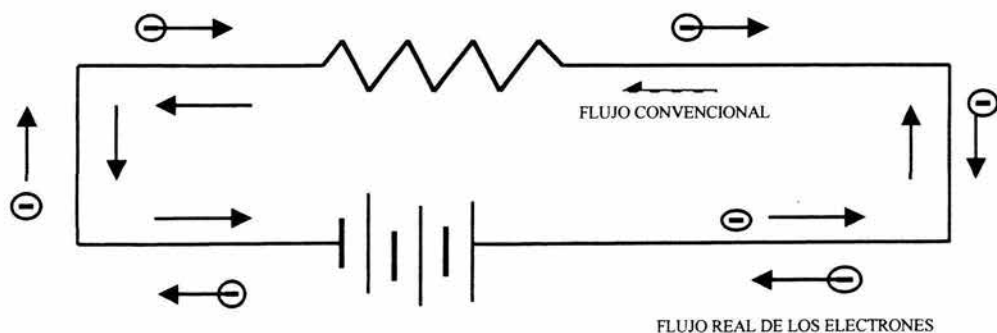


Figura 1.7. Comparación del flujo convencional y el flujo real de los electrones.

1.4 Conductores aislantes y semiconductores.

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: plata, cobre, aluminio, tungsteno, zinc, bronce, hierro, estaño puro y plomo.

Por otra parte, el aislante resiste el flujo de electrones. Algunos ejemplos de aislantes incluyen la mica, caucho, baquelita, papel y seda.

Algunos de estos materiales se utilizan alrededor de los alambres para evitar la formación de un arco eléctrico entre un alambre y otro 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, silicio y oxido de cobre son ejemplos de semiconductores. Estos materiales son de bastante utilidad en los refrigeradores termoeléctricos.

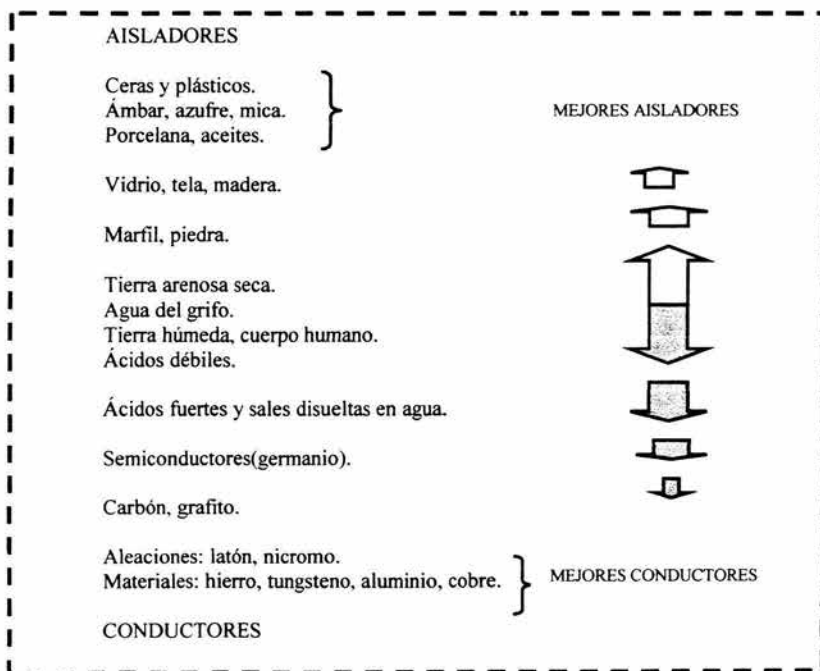


Figura 1.8. Materiales que se usan en el trabajo eléctrico.

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 conoce como "fuerza electromotriz que se 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.

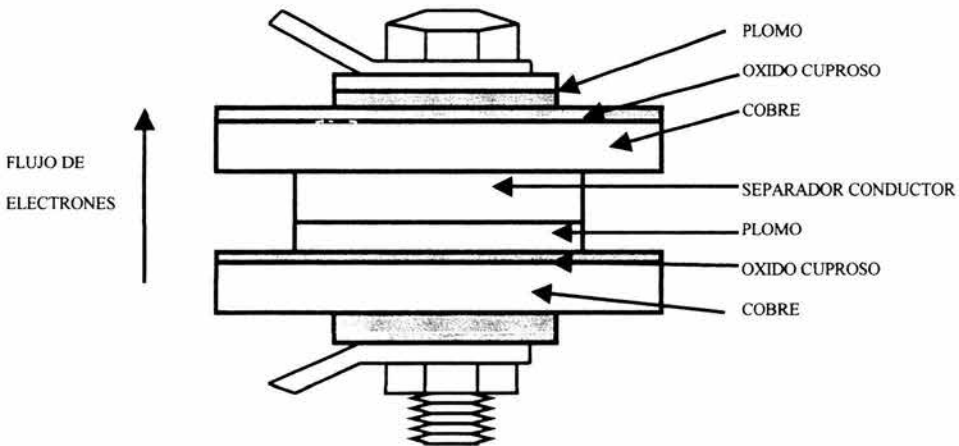


Figura 1.9. Rectificador de óxido de cobre, dos discos en serie.

El esquema siguiente muestra que una 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.

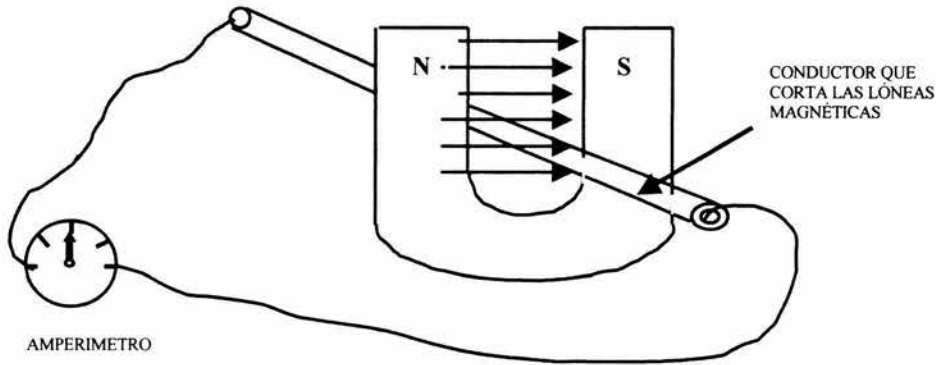


Figura 1.10. Inducción de una fuerza electromotriz.

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 sí mismo durante partes fraccionarias sucesivas de un segundo.

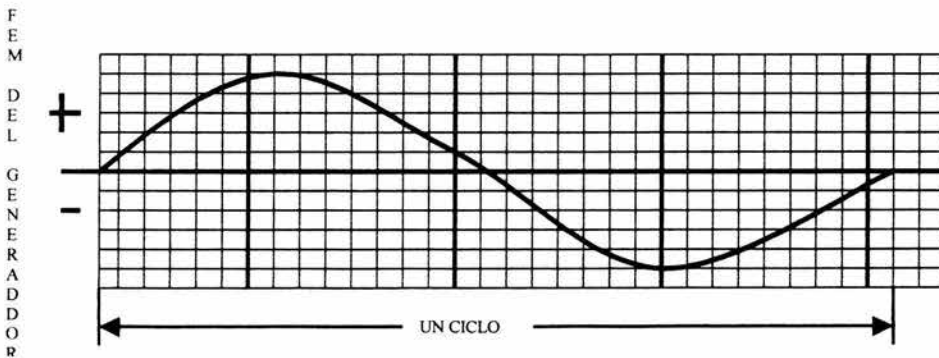


Figura 1.11. Gráfica de una diferencia de potencial de corriente alterna.

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 aún 25 ciclos debido a esto es importante especificar el ciclaje cuando se ordena equipo eléctrico. Generalmente, los motores, las válvulas de solenoide y 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, la unidad puede conectarse en forma directa a una línea de corriente alterna.

1.6 Identificación de la corriente alterna y la 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.



Figura 1.12. Identificación de la corriente con una lámpara de neón.

1.7 Transmisión y distribución de la electricidad.

Transformadores elevadores del voltaje para la transmisión

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 secundario.

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 varía con la corriente alterna y atraviesa el bobinado secundario.

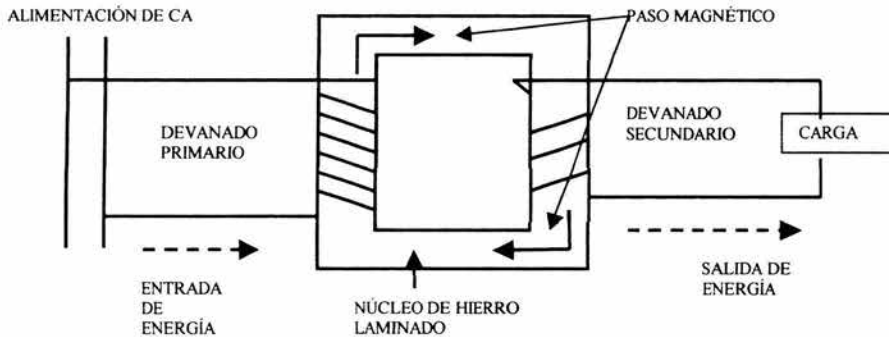


Figura 1.13. La relación de los devanados determina el voltaje.

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 más 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 número 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 alta la eficiencia. También es un excelente aislante.

Perdidas en la línea.

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 más elevado es el calor generado y más grande la pérdida de energía eléctrica. Esto se denomina "pérdida de línea ya que la potencia es igual a la diferencia de potencial por la corriente, a mayor diferencia de potencial se tiene que menor es la corriente requerida para producir la misma proporción de potencia. Consecuentemente las pérdidas de línea son menores.

Transformadores reductores de voltaje para la transmisión.

Cuando mayor es la línea de transmisión es más elevada la diferencia de potencial requerida para empujar la corriente a través de la línea misma hasta el lugar de uso. En consecuencia, la proporción de energía se controla incrementando sucesivamente el voltaje de transmisión. Los altos voltajes son peligrosos considerando la segura distribución de la energía, por lo cual

tales voltajes se reducen hasta 2300 o 4000 volts para su uso en áreas densamente pobladas. Los transformadores se utilizan también en lugares denominados "subestaciones" que reducen los voltajes. El tipo común de transformador que normalmente se monta en un poste o en una bóveda bajo el nivel de la superficie reduce adicionalmente el voltaje a 120-240 volts para el caso de utilización domestica y de la industria ligera.

Sistema de distribución de triple alambre.

La corriente de 2300 volts entra al transformador de reducción de voltaje en que el bobinado secundario es de menor numero de vueltas que el primario. Con este arreglo el transformador reduce el voltaje de 2300 volts a 120-240 volts, según se requiera.

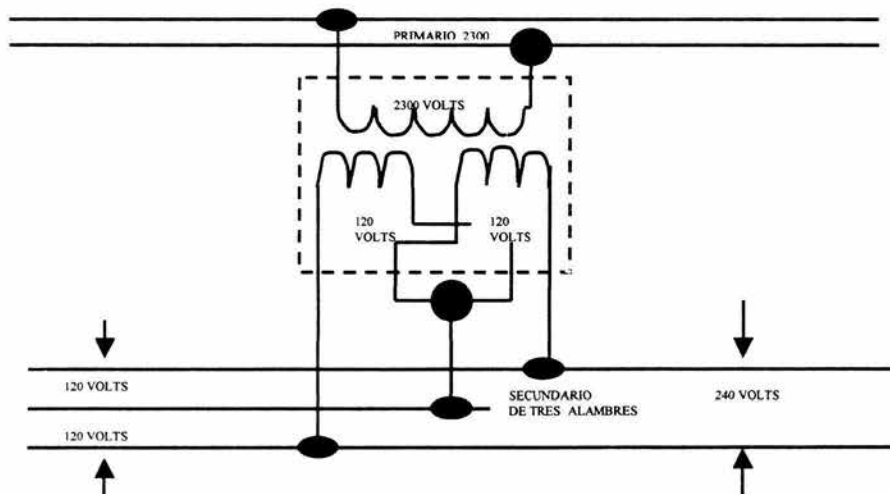


Figura 1.14. Sistema de tres alambres.

El bobinado secundario de este transformador reductor de voltaje se alambra como se ilustra, de modo que se deriven tres alambres del mismo. El alambre intermedio es neutral y su conexión con cualquiera de los dos alambres de salida hace posible la obtención de 120 volts.

El neutral se conecta a tierra en el transformador, lo mismo que en la construcción cuando se hace uso de los dos alambres de salida el voltaje resultante es de 240 volts. La combinación de estos alambres se conoce como "sistema de triple alambre". Los valores indicados solamente son nominales y pueden variar con el equipo y condición de carga.

Este servicio de triple alambre se lleva a la construcción en un punto llamado "entrada de servicio". La entrada de servicio es el centro de conmutación en que la corriente eléctrica se envía inicialmente a través de un medidor que determina la cantidad de energía utilizada.

Del medidor, los tres alambres se llevan a un centro de distribución principal para su ramificación en el numero de circuitos requerido. Dentro del centro de distribución se tiene un

dispositivo de protección que interrumpe el servicio que en caso de cualquier corto circuito en el equipo eléctrico.

1.8 Protección del circuito.

Los dos grupos básicos de dispositivos para la protección de los circuitos eléctricos son: 1) fusibles, y 2) interruptores de circuito.

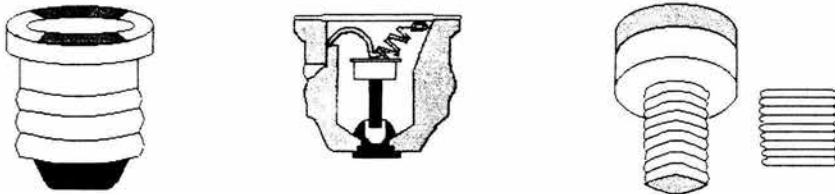
Cada uno de esos grupos puede clasificarse adicionalmente en la siguiente forma:

- Fusibles de tipo cartucho o tapón (ordinario, súper-retraso doble elemento).
- Interruptores de circuito que se pueden operar mediante un elemento magnético o un elemento 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 "fundan". 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.



A) TAPON FUSIBLE ORDINARIO

B) TAPON FUSIBLE DE DOBLE ELEMENTO

C) TAPON FUSIBLE DE DOBLE ELEMENTO Y ADAPTADOR

Figura 1.15. Tipos de tapones fusibles.

Los fusibles de superretardo proporcionan 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. El 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 los 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:

1. Prueba de circuito.
2. Identificación de los elementos de un circuito adecuado.
3. Selección de los conductores para un circuito satisfactorio.

Prueba de circuito.

Para medir la intensidad de la corriente en amperes se hace uso de un instrumento combinado del tipo amperímetro-voltímetro. La ilustración 1.16 muestra el cordón de la línea correspondiente a la unidad, enchufado dentro del adaptador. A su vez, el adaptador se encuentra enchufado en el receptáculo de la pared. La quijada del amperímetro-voltímetro se

sujeta a través del 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 en 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 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, según se ilustra.

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 de 10 % menor que el valor establecido por el sistema. Un máximo de 2 a 3 % de "gradiente de línea" permite lograr una eficiente operación, así como la protección del motor y del sistema.

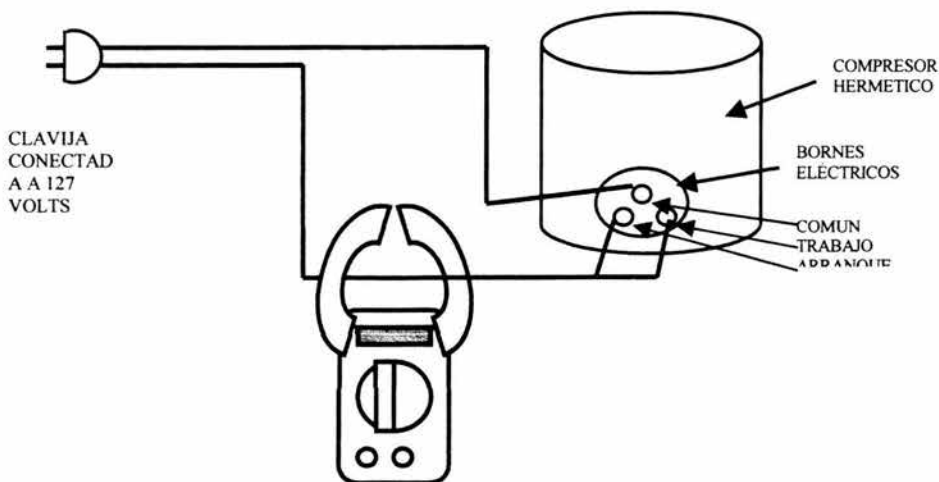


Figura 1.16. Toma de la lectura del amperaje, en este caso usando un amperímetro de gancho.

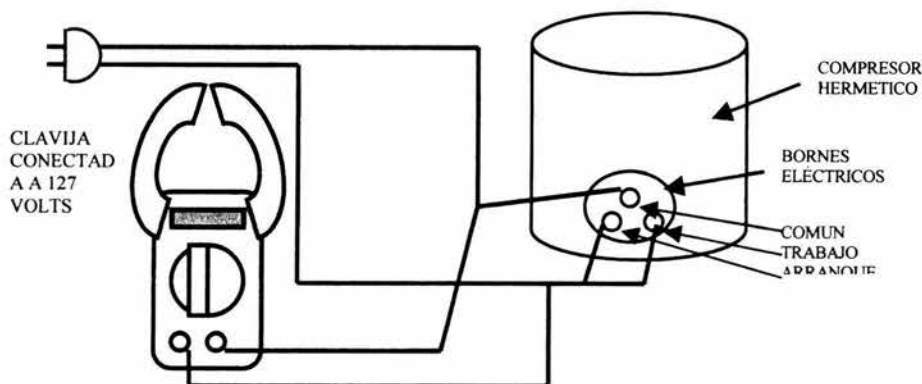


Figura 1.17. Toma de la lectura del voltaje, en este caso usando un voltímetro de gancho.

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.

Identificación de los elementos de un circuito adecuado.

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 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, 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.

Selección de los conductores para los 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.

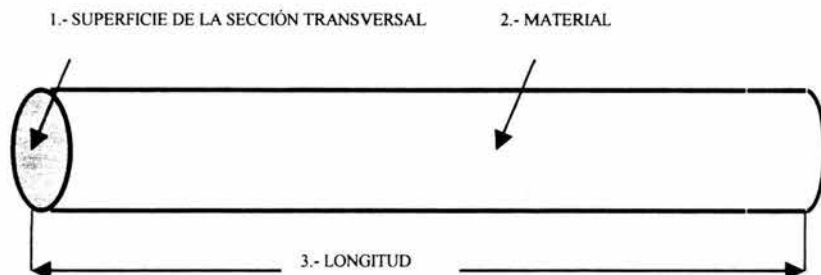


Figura 1.18. Tres factores que afectan la selección de un conductor.

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. Tal tabla 1.1, aparece mas adelante.

Calibres de alambre.

Los tamaños de alambre que se proporcionan en las 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.

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 cm) tiene un área de 4 miles circulares. Otro alambre de 102 milésimas de diámetro tiene una área de 10,400 miles circulares. Es decir, los valores de los miles circulares que representan el área son simplemente el cuarto del diámetro (expresados en milésimas).

ALUMINIO		TAMAÑO DEL ALAMBRE			COBRE	
Capacidad en amperios, tipo RH	Ohmios por 1000 pies (305 m) a 20 °C o 68 °F.	Calibre Estadounidense (American) o B&S	Superficie en miles circulares (M.C.)	Ohmios por 1000 pies (305 m)	Capacidad en amperios	
					Tipo T	Tipo RH
195	0.080	0000	212000	0.049	195	230
165	0.101	000	168000	0.06	165	200
145	0.128	00	133000	0.078	145	175
125	0.161	0	106000	0.098	125	150
110	0.203	1	83700	0.124	110	130
95	0.256	2	66400	0.156	95	115
80	0.323	3	52600	0.197	80	100
70	0.408	4	41700	0.248	70	85
	0.514	5	33100	0.313		
55	0.648	6	26300	0.395	55	65
	0.817	7	20800	0.50		
40	1.03	8	16500	0.628	40	45
	1.30	9	13100	0.792		
30	1.64	10	10400	1.00	30	30
	2.06	11	8230	1.26		
20	2.61	12	6530	1.59	20	20
	3.28	13	5180	2.0		
15	4.14	14	4110	2.53	15	15
	5.22	15	3260	3.18		
6	6.59	16	2580	4.01		10
	8.31	17	2050	5.06		
3	10.5	18	1620	6.38		5

Tabla 1.1. Tamaños de alambres y características eléctricas del cobre y aluminio.

La tabla 1.1, calibre de alambre indica que un alambre redondo de 10,400 miles circulares de área (columna II) se indica como alambre numero 10 el examen de tablas de calibre de alambres similares muestra que por cada tres números de tamaño de alambre, el área (conforme los números de tamaño de alambre se vuelven más pequeño) se duplica aproximadamente, es decir, que aumenta con un factor de 2. Esto significa que el área de alambre numero 7 es de 20,800 miles circulares, ósea el doble de alambres del numero 10.

El área de alambre numero 13 es de 5180 miles circulares, o sea aproximadamente la mitad de 10,400 miles circulares. La resistencia de 305 m de un conductor de cobre del numero 10 es de 1.00 ohm a 20 °C (columna III). Para una longitud similar de alambre conductor de cobre numero 7 la resistencia es tan solo de 0.5 de ohm, o sea la mitad del valor del alambre numero 10.

Por otra parte, la resistencia de 305 m de alambre conductor de cobre numero 13 es de 2.0 ohms. Esto indica que la resistencia ofrecida por un conductor al flujo de la electricidad aumenta conforme disminuye el área.

Diferentes tipos de materiales aislantes tienen capacidades distintas para resistir el calor generado como resultado del flujo de corriente en el alambre. Las diversas capacidades de todos los conductores de cobre con diferentes blindajes de aislamiento se indica en las columnas IV y V de la tabla de calibres de alambre.

El aislamiento de tipo "RH" soporta temperaturas mayores y, consecuentemente, puede transportar una corriente más intensa (amperaje) en comparación con el aislamiento "R".

CAPITULO 2

"ANTECEDENTES BÁSICOS DE TERMODINÁMICA"

La palabra termodinámica se deriva de las voces griegas *thermos* que se significa "calor" y *dynamis* que se significa "fuerza" o poder, particularmente con su relación con el movimiento por ello termodinámica se significa literalmente fuerza de calor lo cual podría denotar cosas tales como la transformación que se produce al quemar madera, carbón o petróleo.

En realidad si utilizamos en vez de la palabra calor, la palabra energía, se establecerá con mayor claridad el significado y el campo de esta disciplina. Se trata de una ciencia que se ocupa en general de las transformaciones de la energía; por ejemplo la conversión de calor en trabajo o de la energía química en eléctrica. Ambas son transformaciones energéticas y la termodinámica proporciona los medios para su análisis.

En la ciencia termodinámica existen cuatro leyes: la llamada ley cero y las leyes primera, segunda y tercera. Estos principios constituyen la base de todo análisis termodinámicos.

2.1 Análisis macroscópico y microscópico.

En este punto se hace un análisis de la termodinámica clásica o macroscópica pero no estudia la termodinámica estadística o microscópica. En esta última se consideran las moléculas en formas independientes y se analiza su acción en grupo mediante métodos estadísticos.

En la termodinámica clásica nos ocupamos del efecto global de las interacciones moleculares individuales: *El nivel macroscópico* es aquel en el que vivimos o la realidad, por ejemplo la distancia la mide en metros y el tiempo en minutos.

Pero estas medidas son muy grandes comparados con los resultados de la medición de los fenómenos producidos a nivel molecular debido a su mayor magnitud se denominan gráficamente como "*microscópicas*".

Es conveniente emplear este método de análisis, pues desde el principio de nuestra educación hemos tenido que familiarizarnos con las mediciones. La temperatura es un efecto macroscópico, y se ha comprobado en diferentes libros de consulta en donde se describieron mas detalles relacionados con tal cantidad.

Solamente utilizaremos el punto de vista microscópico para explicar algunos fenómenos que no se pueden comprender por los medios clásicos macroscópicos.

2.2 Sustancias operantes o de trabajo.

A continuación proporcionamos algunos ejemplos de la terminología utilizada en termodinámica. Todos debemos estar en condiciones de resolver problemas, y para lograrlo hay que enumerar con precisión las partes de un problema. Lo primero que se debe considerar es que tiene que haber algo en lo cual se lleva a cabo una transformación de energía.

Tal cosa recibe el nombre *de sustancia operante*.

Dicho material en un motor de automóvil, por ejemplo, es la mezcla de gasolina y aire. En una turbina de vapor tal sustancia generalmente es el vapor de agua.

En Termodinámica se emplean muchas palabras especiales por que esta ciencia estudia numerosos aspectos relacionados con los cambios y la transmisión de energía, y afirmar que la sustancia operante tiene que ser un fluido, resulta, por lo general, muy restrictivo.

Además, podemos dividir las sustancias en subcategorías. La tendencia científica a la clasificación se utiliza mucho en Termodinámica.

Una sustancia es pura si es homogénea por naturaleza; es decir, si no experimenta reacciones químicas ni se trata de una simple mezcla mecánica de distintas sustancias. ¿Que, significa esto?, para que sea pura, debe ser homogénea: es decir, tiene que mostrar la misma composición química y física tanto en un punto como en otro.

Tampoco debe experimentar en ella reacción química alguna. ¿ Que sucedería en caso contrario? Pues que por lo menos habría dos sustancias presentes: el reactivo y el producto, y en consecuencia, no se ajustaría al concepto de homogeneidad.

Las mezclas también infringen este requisito de ser homogéneas. El oxígeno es en sí una sustancia pura; pero cuando se mezcla con otra sustancia también pura, como el nitrógeno, por ejemplo, la mezcla deja de ser sustancia pura.

Por lo tanto, el aire es una mezcla de sustancias y no una sustancia pura. Podríamos pensar que, a las temperaturas y presiones normales, la mezcla de oxígeno y nitrógeno presenta la misma composición en todas partes.

Esto es cierto, y sin embargo, él oxígeno y el nitrógeno se condensa a diferente temperatura, de manera que es posible crear condiciones en las cuales el aire deja de ser totalmente homogéneo, y por consiguiente, se convierte en una mezcla imperfecta.

2.3 Sistema cerrado y abierto (masa fija y espacio fijo).

Las sustancias operantes no pueden existir de manera aislada: tienen que estar contenidas o limitadas. Esto nos lleva al concepto de sistema.

En Termodinámica, un *sistema* se define como una porción definida o limitada de materia o un espacio determinado y de magnitud fija, siendo el anterior uno de los conceptos mas importantes de esta ciencia.

La elección de un sistema termodinámico es arbitraria y requiere de cierta habilidad posteriormente veremos algunos problemas relacionados con la determinación de las fronteras de un sistema.

¿Que significa el termino frontera? Cuando definimos un sistema, por ejemplo el de un fluido que se encuentra alojado en un cilindro (Fig. 2. 1), lo que separa al fluido de las paredes del cilindro y del pistón, así cómo de todo lo que se halla fuera del conjunto pistón-cilindro, es

precisamente la frontera del sistema. Todo lo que no esta en su interior constituye los alrededores del mismo. Observemos que el pistón puede ser desplazado, hacia arriba o hacia abajo, pero el sistema, materia con identidad fija, permanece constante aunque se modifique el tamaño de su frontera.

Retrocedamos, un momento: un sistema se define como una porción fija de materia o un espacio con identidad fija. Podemos preguntarnos: ¿"Cómo elegir entre un espacio fijo y una masa fija como sistemas?" Imaginemos un tubo largo (Fig. 2.2) por el cual corre un fluido en todo su interior.

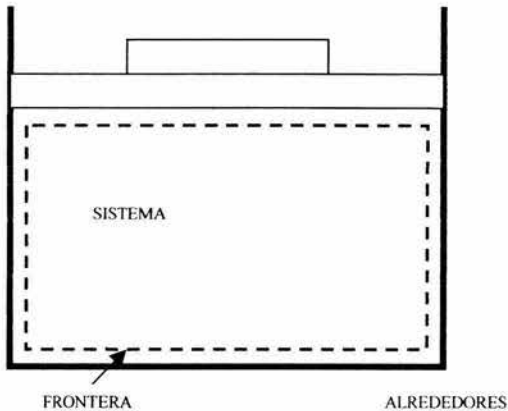


Figura 2.1. Conjunto pistón-cilindro que ilustra los conceptos de "sistema", "frontera" y "alrededores".



Figura 2.2. Movimiento de un fluido en el interior de un tubo.

Hagamos pasar al mismo tiempo planos imaginarios por los puntos 1 y 2 del tubo, y consideremos como sistema al fluido limitado entre dichos planos. Esta masa de fluido y el espacio así determinado será nuestro sistema; cada molécula de esta masa se encuentra identificada.

Ahora consideremos el problema de encontrar lo que sucede al fluido mientras se desplaza o va del punto 1 al punto 3. Las moléculas del sistema se mezclan con las moléculas de los alrededores, así es que para descubrir que, sucede tendríamos que tomar en cuenta el movimiento de cada molécula. Por supuesto, esto no es factible. Que sucedería si definiéramos de otra manera al sistema? Consideremos que nuestro sistema es una porción de espacio

Y solo Para nuestro estudio, supongamos que el sistema es el recinto limitado entre los planos que pasan por los puntos 1 y 3. El sistema es así un espacio fijo, que no esta en movimiento, a un cuando una sustancia fluya por su interior. Para describir lo que le sucede al fluido, todo cuanto necesitamos es observar la condición de la sustancia en las fronteras 1 y 3, y cualquier cambio representar lo que haya sucedido al fluido al circular dentro del tubo.

¿A que, conclusiones podemos llegar? En el caso del conjunto pistón-cilindro, donde no hubo flujo de materia, el sistema se considera como una masa de identidad fija, y en el análisis no se presenta ningún problema, aun cuando cambia el volumen.

Esto se conoce como sistema cerrado, por tratarse de un sistema que no admite el flujo de materia en su interior. Cuando existe una corriente de sustancia, el sistema se considera entonces como un volumen de identidad fija, o como se dice también, un "volumen de control".

Dicho sistema se encuentra "abierto" al flujo de materia, por lo cual recibe el nombre de sistema abierto. Aparentemente nos hemos extendido mucho en la definición de sistema, pero la comprensión clara de ambos tipos de sistemas eliminar muchas de las dificultades que se presentan en la realización de un análisis termodinámico.

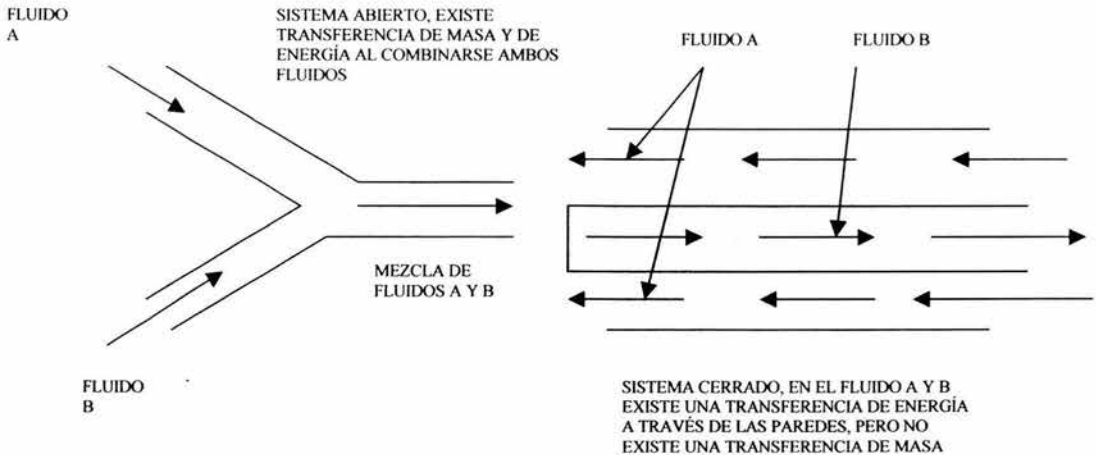


Figura 2.3. Sistema abierto y sistema cerrado.

2.4 Propiedades intensivas y extensivas.

En la anterior explicación acerca de las propiedades mencionamos la condición de las sustancias. La palabra condición no es el término aceptado en Termodinámica; el término correcto es estado.

El estado de una sustancia describe por completo la forma en que existe dicho material. Así, tendrá una temperatura, una presión y una densidad especificadas como algunas otras propiedades macroscópicas, y mediante el conocimiento de tales propiedades, podremos determinar el estado particular del fluido.

Una propiedad es una característica propia de todo el sistema, y no depende de la manera en que un sistema cambia de estado, sino únicamente de su condición o estado final.

Antes de seguir adelante con la definición de propiedad, subdividamos en dos clases las propiedades: en *intensivas* y *extensivas*.

Una *propiedad extensiva* es la que depende de la magnitud o tamaño del sistema, es decir, de su masa y su volumen.

Las *propiedades intensivas* son independientes de la extensión del sistema, como la temperatura y la presión, por ejemplo. Observemos que una propiedad extensiva por unidad de masa, como sería el "volumen específico" (volumen dividido entre la masa), es una propiedad intensiva.

Si volvemos a la definición general de propiedad, veremos que, esta debe ser una característica circunstancial del sistema. Pensemos en una columna de agua. La temperatura puede ser igual en todas sus partes, y por tanto, constituir una propiedad de ese sistema. Sucede lo mismo con la presión?.

La presión no puede ser uniforme en todo el sistema ya que es mayor en el fondo que en la parte superior, de manera que la presión no constituye una propiedad en este caso.

La otra parte de nuestra definición significa que, si el sistema pasa de un estado a otro, la propiedad tiene que depender únicamente del estado, y no de los cambios que haya experimentado al pasar de una condición a otra.

Por ejemplo, consideremos el sistema de la figura 2. 1. Asignémosle una temperatura T_1 un presión P_1 y un volumen específico V_1 . Si agregamos más peso al pistón, el sistema alcanzara un nuevo estado que se caracteriza por una temperatura T_2 , una presión P_2 y un volumen específico V_2 . Consideraremos ahora que al pasar de 1 a 2 se agregaron y quitaron, diferentes pesos, pero quedó como resultado final el mismo estado 2.

La temperatura, la presión y el volumen finales deben ser entonces los mismos que antes cuando se agregó un único peso con el fin de obtener el estado 2, puesto que las propiedades solas dependen del estado del sistema.

Las propiedades únicamente estarán definidas cuando sean uniformes en todo el sistema cerrado, y el mismo se hallara entonces en equilibrio con respecto a cada propiedad. Por ejemplo, el agua que fluye por el tubo muestra equilibrio térmico, pues su temperatura es uniforme; pero tal agua no presentara equilibrio mecánico debido a que no es uniforme su presión.

El aire indicado en la figura 2.1 sí esta en equilibrio térmico y mecánico. A cada propiedad intensiva corresponde un equilibrio, pero básicamente nos interesan aquí los equilibrios mecánico y térmico. El equilibrio químico solo deber considerarse en algunos casos especiales como en los procesos de combustión. Con base en la definición de propiedad sabemos que todos los estados que potencialmente podemos analizar, tienen que ser estados de equilibrio, o de lo contrario no tendremos propiedades bien definidas.

Cuando un sistema cerrado se halla en equilibrio termodinámico, entonces las propiedades son uniformes en todo el sistema, y resultan determinables. De manera que la denominación de termodinámica es impropia, en rigor, para esta ciencia, pues las propiedades, que son el medio de análisis, únicamente se pueden definir cuando se encuentra en equilibrio la sustancia del sistema. No obstante, descubriremos que esto no presenta mayor dificultad en la resolución de los problemas.

2.5 Fases de una sustancia. Cambios de fase.

Ciertas condiciones físicas de una sustancia se denominan fases de la misma. El agua, por ejemplo, presenta las fases sólida, líquida y gaseosa, y cualquier sustancia pura puede existir en cualquier combinación de estas fases. Además, existen términos específicos con los cuales caracterizamos la transición de una fase a otra. La fusión se produce cuando un sólido se convierte en líquido, y se habla de solidificación cuando un líquido se convierte en sólido. La vaporización se lleva a cabo cuando un líquido se convierte en gas (o vapor), la condensación ocurre cuando un gas (o vapor) se convierte en líquido, y la sublimación se produce cuando un sólido se convierte directamente en gas.

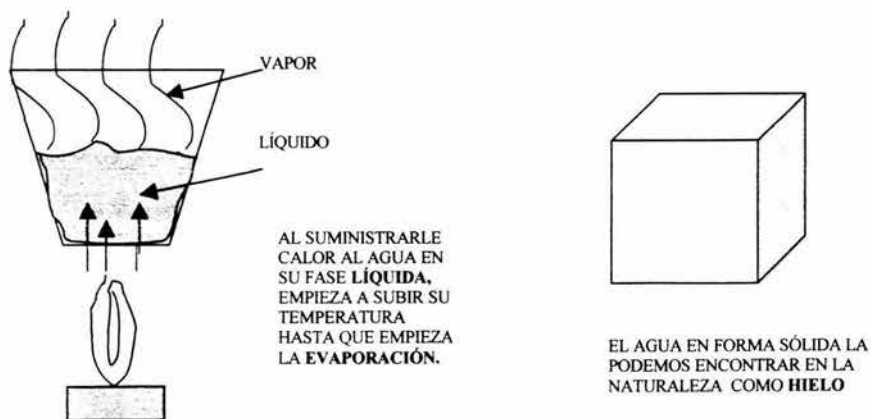


Figura 2.4. Fases del agua.

2.6 Procesos y ciclos.

¿Que termino se utiliza para denotar el cambio de estado (termodinámico) de una sustancia? . Se emplea la palabra *proceso*.

Un proceso termodinámico es simplemente un cambio de estado de un sistema.

Así como hay un número infinito de maneras en las que se puede recorrer la distancia entre dos puntos (Fig. 2.5), también existe un número infinito de modos según los cuales un sistema puede pasar del estado 1 al estado 2. La trayectoria en un diagrama describe el número infinito de estados que se presentarían cuando un sistema fuera sometido a un proceso específico, cambiando del estado 1 al estado 2.

Un *ciclo termodinámico* es el conjunto de dos o mas procesos para los que los estados iniciales y finales son exactamente los mismos. El diagrama de la figura 2.5 ilustra los procesos A y B experimentados por un sistema cerrado. El sistema retorna al estado 1 del cual partió.

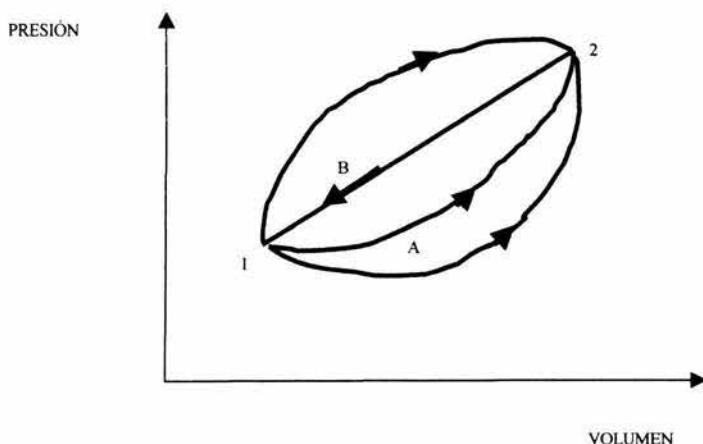


Figura 2.5. Representación gráfica de procesos y ciclo de un sistema.

Como ejemplo de un ciclo sencillo pensemos en un proceso isotérmico (o a temperatura constante) para cambiar del estado 1 al estado 2.

Al indicar que el proceso es isotérmico, la trayectoria que seguir ya está definida. Sea, por ejemplo, A la trayectoria isotérmica considerada en la figura 2.5. Como todo ciclo se compone de dos o más procesos que regresan a un estado inicial, consideremos que el proceso de retorno también es isotérmico. El sistema podría pasar del estado 2 al estado 1 a lo largo de la trayectoria A, pero en sentido contrario. Se trata acaso del mismo proceso? No, ya que

por definición un proceso es una sucesión de estados de un sistema, y la secuencia de 1 a 2 difiere de la secuencia de 2 a 1.

2.7 Unidades S.I de fuerza y de masa.

En esta sección consideraremos las unidades de fuerza y de masa en el Sistema Internacional de Unidades, S. I.

Las unidades básicas del sistema son las de masa, longitud y tiempo. Todas las demás se derivan de estas.

La masa se mide en kilogramos (Kg.), la longitud en metros (m) y el tiempo en segundos (s).

Existe cierta confusión entre la masa y la fuerza. Como la masa es una cantidad básica, definamos primero la fuerza. Por la segunda ley de Newton concerniente al movimiento, sabemos que la fuerza que experimenta un cuerpo esta dada por:

$$F = \frac{d}{dt} (mv) \dots\dots\dots (2.1)$$

y, donde v es la velocidad del cuerpo y m es su masa.

Esto tal vez no sea muy conocido, de manera que determinemos la derivada:

$$F = v \frac{dm}{dt} + m \frac{dv}{dt}$$

Generalmente la masa es constante, y el cambio de velocidad en relación con el tiempo es la aceleración a; en consecuencia,

$$F = ma \dots\dots\dots (2.2)$$

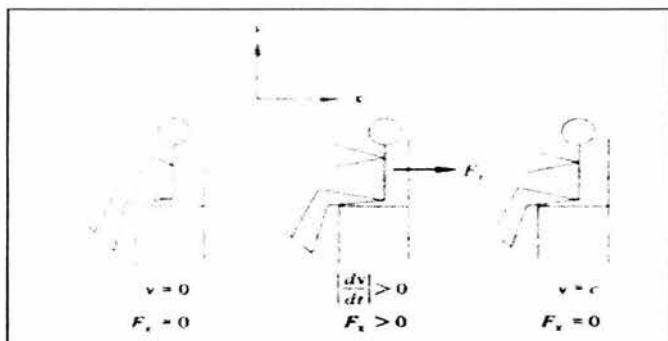


Figura 2.6. Visualización del efecto de una fuerza.

Sabemos que cuando uno se halla sentado en un automóvil (Fig. 2.6), ninguna fuerza actúa sobre el respaldo del asiento.

En cambio, si se recibe una aceleración, como sucede cuando el automóvil se pone en marcha, se producirá una fuerza, dada por la ecuación (2.2). Cuando cese la aceleración, la velocidad será constante, y se anulara la acción dinámica.

La unidad de fuerza es el Newton (símbolo: N).

Para la ecuación (2.2) se tiene la relación de unidades,

$$N = (\text{Kg.})(\text{m/s}^2)$$

Esto se considera incongruente, pero si multiplicamos la ecuación (2.2) por una constante, y hacemos que las unidades de la misma sean tales que produzcan la congruencia necesaria, quedar entonces

$$N = \frac{c(N)}{(\text{kg})(\text{m/s}^2)} (\text{kg})(\text{m/s}^2) \dots\dots\dots (2.3)$$

Las unidades de la constante tienen que ser $(\text{N} \cdot \text{s}^2)/(\text{kg} \cdot \text{m})$.

Lo que resta es determinar el valor de la constante C. la unidad de fuerza 1 N es la resultante de la acción de una unidad de aceleración (1 m/s^2) sobre la unidad de masa (1 Kg). Sustituimos en la Ecuación (2.2) y despejamos la constante C:

$$C = 1 (\text{N} \cdot \text{s})/(\text{kg} \cdot \text{m}) \dots\dots\dots (2.4)$$

Como la ecuación (2.2) es válida para todos los casos, si C se determina para un caso dado, tiene que ser cierta para todos los demás. Así lo indica la lógica al determinar el valor de C. Como esta constante tiene un valor unidad, se omite en la ecuación de la fuerza, que permanece como:

$$F = ma \dots\dots\dots (2.5)$$

donde la masa está en kilogramos, la fuerza en newton y la aceleración en m/s^2 .

Ejemplo 2.1

A manera de ilustración, consideremos la fuerza horizontal que se ejerce sobre el asiento en la figura 2.6, si la persona tiene una masa de 70 Kg. y recibe una aceleración uniforme de 2 m/s^2 .

$$F_x = ma = (70\text{kg})(2\text{m/s}^2)$$

$$F_x = 140\text{N}$$

Hasta el momento no hemos mencionado el "peso". Volvamos a la persona del ejemplo anterior. Dicha persona experimenta una fuerza vertical F sobre su cuerpo, igual y opuesta a la que a su vez ella ejerce sobre la tierra.

Tal fuerza gravitatoria es su peso. El efecto del campo gravitacional "g" en ese lugar actúa sobre ella. Si el efecto gravitatorio ahí es tal que "g" tiene un valor de 9.8 m/s^2 , entonces su peso es:

$$F = ma = (70\text{kg})(9.8\text{m/s}^2)$$

$$F = 686.0\text{N}$$

Si la persona estuviese de pie en una montaña alta, donde el campo gravitacional "g" tuviera un valor de 9.7 m/s^2 , entonces la fuerza de gravedad ejercida sobre aquella, o sea, el peso de dicha persona, sería

$$F = ma = (70\text{kg})(9.7\text{m/s}^2)$$

$$F = 679.0\text{N}$$

De esta manera, la condición de ausencia de peso prácticamente total en el espacio ultra terrestre se debe a que $g = 0$; por lo tanto, la fuerza de gravedad o peso de una masa es nula. Como el peso es una fuerza, la unidad que le corresponde es el Newton.

No obstante, en el lenguaje común, como podemos observar en una tienda o un mercado, los alimentos se adquieren por su "peso" en kilogramos y no en Newton. Esto se deriva de una frecuente confusión entre masa y peso.

En algunos sistemas, a diferencia del S.I., la unidad de fuerza es el peso de un cuerpo patrón. En el análisis de los problemas de energía en termodinámica se usan las unidades respectivas de S.I.

Para emplear las unidades de este sistema tenemos que seguir ciertas convenciones que tal vez son poco conocidas. El metro es la unidad básica de longitud, pero en ocasiones es demasiado grande o muy pequeña para trabajar con ella, lo cual resulta inconveniente.

En estos casos podemos utilizar los prefijos que se enumeran en la Tabla 2. 1. No es una lista completa, pero contiene los necesarios en nuestro estudio de la termodinámica. Así pues, mil metros (1000 m) son iguales a un kilómetro (1 Km), o sea:

$$1000 \text{ m} = 1 \text{ km}$$

En las unidades del S.I. no se emplean signos de puntuación. De tal manera, escribir 1000 m es incorrecto; además, hay que dejar un espacio entre el número 1000 y el símbolo. La definición del Newton ilustra la forma en que se expresa una combinación de símbolos:

$$\text{N} = \text{Kg.m/s}^2 \quad \text{o bien,} \quad \text{Kg.m.s}^{-2}$$

Observemos que en el producto de dos o mas símbolos de unidad se usa un punto alto en medio de dichos símbolos.

Multiplicador	Prefijo	Símbolo
10^9	giga	G
10^6	mega	M
10^3	kilo	k
10^2	hecto	h
10^1	deca	da
10^{-1}	deci	d
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	mili	m
10^{-6}	micro	μ
10^{-9}	nano	n

Tabla 2.1.

En los casos de numerales con mas de cuatro dígitos, estos se reúnen en grupos de tres, con un espacio entre cada grupo consecutivo. Las comas tampoco se utilizan.

Si hay punto decimal, se forman grupos a ambos lados del mismo. Así,

$$80,000(\text{incorrecto}) = 80\ 000 (\text{correcto})$$

$$356142.61984 (\text{incorrecto}) = 356\ 142.619\ 84 (\text{correcto})$$

Se comienza en el punto decimal, y se agrupan los dígitos tanto a la derecha como a la izquierda del mismo. En el caso de números de cuatro cifras no suele haber agrupamiento:

$$8\ 000 (\text{correcto}) = 8000 (\text{aceptable})$$

$$4\ 913.159\ 3 (\text{correcto}) = 4813.1593 (\text{aceptable})$$

En la Tabla 2.2 aparecen las unidades básicas del S.I. con sus respectivos nombres y sus símbolos.

Cantidad física.	Unidad.	Símbolo.
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	s
Corriente eléctrica	ampere	A
Temperatura termodinámica	kelvin	$^{\circ}\text{K}$
Intensidad luminosa	candela	cd
Cantidad de entidades	mol	mol

Tabla 2.2.

2.8 Volumen específico.

Existen varias propiedades bien conocidas, pero que debemos definir rigurosamente para saber con exactitud lo que se desea significar con ellas.

Volumen específico es el volumen de una sustancia dividido entre su masa. Pero, hay algún punto donde esto deje ser cierto?.

¿Tendría significado el volumen específico si se seleccionara una sola molécula para representar la sustancia que vamos a medir?

No!

En primer lugar, el volumen específico es un fenómeno macroscópico; en segundo, para que una propiedad sea macroscópica debe existir un medio continuo; es decir las propiedades macroscópicas tienen que variar continuamente de una región a otra sin interrupciones.

Decimos región y no punto porque este último concepto geométrico (infinitesimal) no puede contener partículas de una sustancia dada (sí); de esta manera, el espacio más pequeño que puede ocupar una sustancia macroscópica, sin perder sus propiedades también macroscópicas, es una región con un volumen característico, V .

Si el volumen específico se designa por v y δv es un volumen pequeño de sustancia, con una masa δm ,

entonces:

$$v = \lim_{\delta m} \frac{\delta V}{\delta m} \dots\dots\dots (2.6)$$

La ecuación (2.6) es precisa pero resultaría algo tedioso trabajar con ella. Si la sustancia del sistema, de la cual tratamos de calcular el volumen específico, tiene una magnitud finita y es homogénea, entonces el volumen específico en una parte del sistema será el mismo que en cualquiera otra de sus partes, y para un volumen V y una masa m del sistema, el volumen específico será

$$v = \frac{V}{m} \quad \left[\frac{m^3}{kg} \right] \dots\dots\dots (2.7)$$

¿Si consideramos que el sistema está formado por una mezcla de hielo y agua a la misma presión y la misma temperatura, podremos calcular el volumen específico?

No!

Por principio de cuentas, el volumen específico que obtenemos con la ecuación (2.7) dependería de nuestra elección entre el hielo y el agua como región, y además, la masa del sistema muestra dos fases, o estados físicos, de manera que no es homogéneo.

También existe una propiedad que se conoce como densidad (ρ), la cual podemos definir como la masa dividida entre el volumen, o sea, el recíproco del volumen específico; es decir;

$$\rho = \frac{1}{v} \left[\frac{kg}{m^3} \right] \dots\dots\dots (2.8)$$

2.9 Presión.

La segunda propiedad que debemos definir con todo rigor es la presión. Cuando consideramos un pequeño volumen cúbico, δV , de una sustancia, existirán en el fuerzas que se ejerzan en las direcciones x, y, z, además de otras que actúen en ciertos ángulos con tales direcciones.

En los sólidos, dichas presiones corresponden a los esfuerzos en un cuerpo sometido a compresión hidrostática. En los fluidos en equilibrio, las fuerzas inclinadas con respecto a una superficie considerada son nulas, y el valor de presión que se mide es el promedio de las fuerzas por unidad de área que actúan en las tres direcciones mencionadas.

Si la fuerza promedio normal es δF_n , y el área característica de δV es δA , entonces la presión p es:

$$p = \lim \frac{\delta F_n}{\delta A} \dots\dots\dots (2.9)$$

Como en el caso del volumen específico, si la sustancia del sistema es homogénea y se encuentra en equilibrio, entonces la presión que actúa sobre un área finita, A, con una fuerza normal, F, es

$$p = \frac{F}{A} \left[\frac{N}{m^2} \right] \dots\dots\dots (2.10)$$

La unidad S. I. de presión se define como la unidad de fuerza por unidad de área, y se conoce como Pascal. De manera que:

$$1Pa = 1 \frac{N}{m^2} \dots\dots\dots (2.11)$$

donde Pa es el símbolo del Pascal.

El valor de presión que suele medirse es la diferencia entre la presión de los alrededores y la del sistema. Consideremos, por ejemplo, el manómetro (o medidor de presión) con tubo de Bourdon, que se muestra en la figura 2.7.

La presión del fluido actúa contra la superficie interior del tubo, haciendo que se desplace este último. Su movimiento es transmitido por elementos de conexión a una aguja que, cuando se

coloca al aparato una escala graduada o calibrada, indica la diferencia de presión entre el fluido del sistema en el interior del tubo y el fluido en sus alrededores.

Tal diferencia de presión se conoce con el nombre de "presión manométrica" del sistema. Por otra parte, la presión absoluta del mismo es la suma de su presión manométrica y la presión absoluta de los alrededores; o sea,

$$P_{\text{absoluta}} = P_{\text{manométrica}} + P_{\text{alrededores}}$$

La mayor parte de las veces, un manómetro se instala en contacto con el aire exterior, y la presión P que actúa sobre el es la presión atmosférica. El aire de la atmósfera tiene una masa sobre la cual actúa la gravedad, y la fuerza resultante por unidad de área tiene un valor promedio de 101 325 Pa al nivel del mar.

Como se trata de un número demasiado grande para trabajar con el, utilizamos los prefijos de la Tabla 2.1; así,

$$101\,325\text{ Pa} = 101.325\text{ kPa} \text{-(kilo Pascales)}$$

$$0.101\,325\text{ MPa} \text{ (mega Pascales)}$$

Para mayor simplificación suele suponerse que la presión atmosférica normal es de 100kPa.

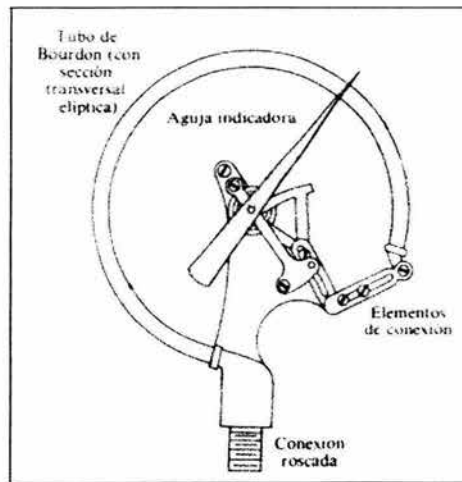


Figura 2.7. Manómetro metálico con tubo de Bourdon.

Que sucede cuando la presión manométrica es nula o menor que la atmosférica? Si la presión manométrica es nula, entonces la presión absoluta del sistema es igual a la de sus alrededores. Si es menor que la del exterior se considera negativa, pues la lectura manométrica se resta de la presión absoluta de los alrededores ($P_{\text{atms.}}$) para obtener la presión absoluta del sistema.

Una presión menor que la atmosférica se conoce con el nombre de presión de vacío, o simplemente "vacío".

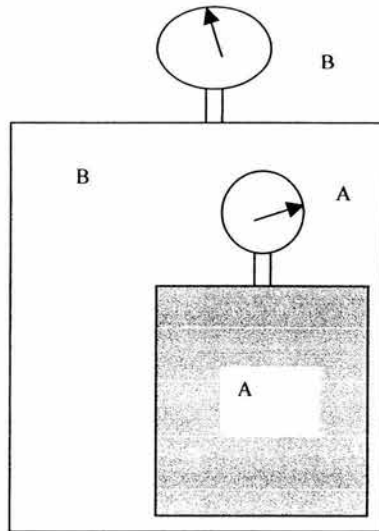


Figura 2.8. Dos recipientes uno dentro de otro, con aire a diferentes presiones.

Consideremos el croquis de la figura 2.8, donde el medidor A indica 200 kPa (lectura manométrica), el B indica 120 kPa (man.), y la presión atmosférica es de 101.3 kPa. Calcular la presión absoluta del aire en los recipientes B y A.

$$P_{B-absoluta} = P_{B-manometrica} + P_{alrededores}$$

$$P_{B-absoluta} = 120kPa(man) + 101.3kPa$$

$$P_{B-absoluta} = 221.3kPa$$

$$P_{A-absoluta} = P_{A-manometrica} + P_{alrededores}$$

$$P_{A-absoluta} = 200kPa(man) + 221.3kPa$$

$$P_{A-absoluta} = 421.3kPa$$

La figura 2.9 indica gráficamente las diversas presiones que se consideran. La presión manométrica negativa, o de vacío, suele medirse con un manómetro de líquido, el cual proporciona lecturas en milímetros de mercurio, o de cualquier otro fluido que esta contenido en el aparato. Esta presión también puede indicarse concretamente como kPa (vac.).

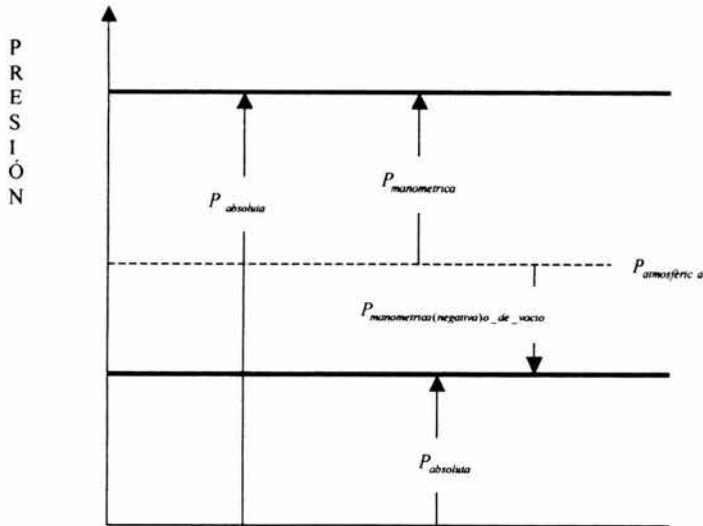


Figura 2.9. Representação gráfica de los valores de presión.

Pasemos a la figura 2.10, en donde se representa un manómetro de líquido para medir la presión en el interior de un recipiente. El sistema tiene una presión p ; el fluido del manómetro presenta una densidad ρ , y en el exterior esta la atmósfera con una presión $P_{atmosférica}$.

La diferencia de presión entre el sistema y la atmósfera puede sostener al líquido en el manómetro, cuya densidad es ρ , a una distancia L . Esto puede expresarse como:

$$P - P_{atmosférica} = \Delta P = (\rho)(L)(g)$$

$$P - P_{atmosférica} = \left[\frac{kg}{m^3} \right] \left[m \right] \left[\frac{m}{s^2} \right] = \left[\frac{N}{m^2} \right] = Pa$$

Entonces se deduce que:

$$\Delta P = (\rho)(L)(g) \quad [Pa]$$

Observemos que son equivalentes las unidades del problema anterior; la comprobación de las unidades constituye un paso necesario en todas las actividades de la ingeniería, y resulta particularmente necesaria en la termodinámica. La presión puede medirse con diversas unidades, y es necesario conocer la equivalencia entre ellas. Por ejemplo,

$$101.325 \text{ kPa} = 1 \text{ atmósfera (atm)} = 760 \text{ mm Hg}$$

Una atmósfera de presión ejerce una fuerza de 101.325 kPa, o bien, sostiene una columna de mercurio de 760 mm de altura. Una presión absoluta menor que la atmosférica normal sostendría una columna de mercurio de altura menor, y a una presión absoluta nula corresponde una columna de altura cero. Esto último es lo que se considera un "vacío perfecto". Si observamos la figura 2.11 veremos que cuando el sistema presenta una presión nula, la altura "L" a la cual la presión atmosférica puede empujar al mercurio, es de 760 mm. La presión en el sistema sería

$$0 \text{ kPa} = 760 \text{ mm Hg (vac.)} = 101.325 \text{ kPa (vac.)}$$

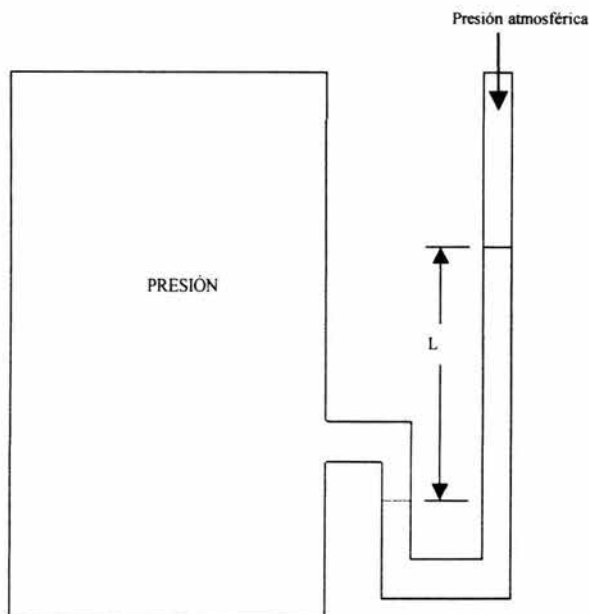


Figura 2.10 Altura manométrica (L) correspondiente a $P_{\text{manométrica}} > 0$.

2.10 Igualdad de temperatura.

Aun cuando es muy difícil definir la temperatura, sucede lo contrario con la igualdad de temperatura.

Pensemos en dos bloques de cualquier material, por ejemplo, de hierro; si los juntamos y no se producen cambios en ninguna de sus propiedades observables, decimos entonces que ambos cuerpos se encuentran en equilibrio térmico y que sus temperaturas son iguales.

Pero si uno de los bloques tiene una temperatura más alta que el otro también presentará una presión (o esfuerzo) diferente, una resistividad eléctrica distinta así como otra densidad. Cuando se hace que los bloques se toquen fluirá calor del cuerpo más caliente al más frío,

produciendo un cambio en esas tres propiedades; una vez que se alcanza el equilibrio térmico, dejan de ocurrir mas cambios de propiedad y las temperaturas se igualan.

Observemos que la igualdad de temperatura se mide por cambios en otras propiedades. Esto será mas significativo cuando analicemos los termómetros.

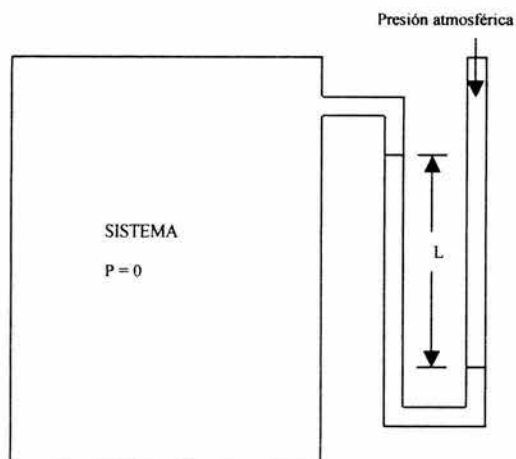


Figura 2.11 Altura manométrica (L) correspondiente a $P_{\text{absoluta}} = 0$.

2.11 Ley cero de la termodinámica.

Esta ley que en termodinámica ha recibido el nombre de ley cero establece que cuando dos cuerpos se encuentran en equilibrio térmico respecto a un tercero, entonces estarán en equilibrio térmico entre sí, y por ende, presentaran una misma temperatura.

La figura 2.12 ilustra esta ley. En este caso el tercer cuerpo es un termómetro. Como consecuencia de la ley cero, dicho tercer cuerpo (el termómetro) puede utilizarse para relacionar las temperaturas de dos cuerpos sin tener que ponerlos en contacto uno con el otro, puesto que ambos están relacionados con el termómetro. La escala termométrica es la que permite hacer esa comparación.

2.12 Escalas de temperatura.

Para medir la temperatura se han empleado toda clase de dispositivos que van desde la mano humana hasta algunos aparatos especiales, pero los medidores o termómetros mas comunes están formados por un tubo capilar de vidrio, con un bulbo o ampolla en un extremo, sellado y lleno de mercurio o alcohol coloreado.

Debemos observar que el funcionamiento de un termómetro de esta clase se basa en el cambio de otra propiedad física, la densidad, para indicar una temperatura. En el campo de la

termometría ha habido muchos investigadores, pero la mayoría han basado sus escalas de temperatura en dos aspectos: el punto triple del agua (donde coexisten el hielo, el agua líquida y el vapor) y el punto de ebullición de la misma sustancia (H₂O) a 1 atm de presión. (ver figura 2.13) Una de las escalas de temperatura establecidas (y de mucho uso en los países de habla inglesa), la de Fahrenheit, se basó en principios distintos.

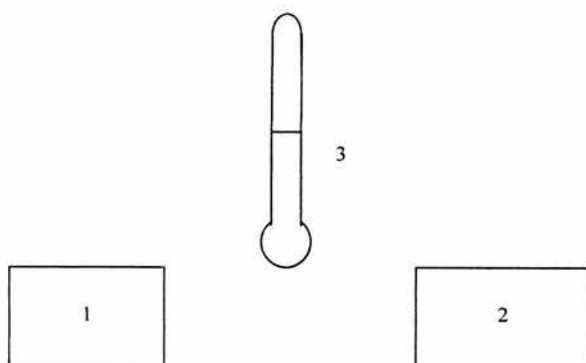


Figura 2.12 Forma de evaluar la igualdad de temperaturas: ley cero de la termodinámica.

El físico Gabriel Daniel Fahrenheit, interesado en la termometría, visitó a un amigo suyo, quien había ideado una escala de temperatura de 60 grados. Si el minuto tiene 60 segundos y la hora, 60 minutos, por que no tener 60 grados en una escala termométrica.

El límite inferior de temperatura fue la de una mezcla de hielo, sal y agua, a la que correspondió el valor 0 grados (o sea, figura 2.13 ilustración de las dos escalas de temperatura más utilizadas actualmente).

Sin embargo, Fahrenheit consideró que la escala era demasiado limitada, por lo cual incrementó a 240 el número de divisiones; nunca sabremos por que no optó por llegar a 360 divisiones.

Al principio fijó en 90° la temperatura del cuerpo humano, pero después decidió que debía ser 96° como los límites de escala se establecieron mediante el cuerpo humano y una mezcla de hielo, sal y agua, el punto triple de esta sustancia resultó estar a 32 °F, y el agua alcanzó su punto de ebullición a los 212 °F.

Para eliminar cifras tan inconvenientes, un científico de nombre Anders Celsius ideó una escala que originalmente comenzaba en 100° (para el punto triple del agua) y llegaba a 0° (para el punto de ebullición de dicha sustancia).

Un amigo le sugirió que invirtiera tales designaciones, con lo cual resultó así la escala centígrada (o escala Celsius) de temperatura que conocemos actualmente, y que tiene 0°C para el punto triple (aproximadamente) y 100°C para el punto de ebullición del agua.

El francés Guillaume Amontons fue el primero que propuso la existencia de un cero absoluto de temperatura.

Nadie le prestó mucha atención, pero en 1851 Lord Kelvin perfeccionó su idea e ideó una escala de temperatura absoluta: la escala Kelvin, que presenta la misma graduación que la escala Celsius. La relación entre estas dos escalas es:

$$T_K = T_C + 273.15$$

Donde T_K es la temperatura en grados Kelvin o kelvins (K), y T_C representa la temperatura en grados Celsius (C.)

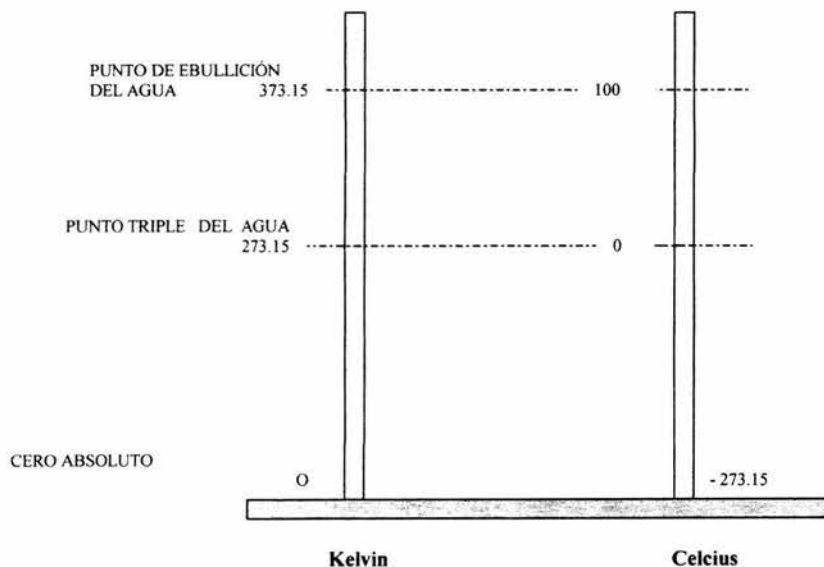


Figura 2.13 Ilustración de las dos escalas de temperatura mas utilizadas actualmente.

CAPITULO 3

"CICLO DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN DE VAPOR"

La refrigeración a acompañado al hombre desde que éste apareció en la faz de la tierra, ya que para poder sobrevivir, tuvo que almacenar las piezas de carne que cazaba, ya que en un lugar más fresco se mantenían por más tiempo comestibles, así como observo que dentro de las cuevas se protegía contra las inclemencias del tiempo.

En el sentido técnico de la palabra, refrigeración significa mantener un sistema a una temperatura menor que la de sus alrededores. Esto no puede suceder de manera natural, de modo que se debe usar un dispositivo que permita lograr lo anterior.

Para mantener ó producir ésta temperatura baja, es necesario transferir calor desde el cuerpo ó espacio a enfriar. La remoción de calor de baja temperatura puede ser llevada a cabo mediante el uso del hielo, agua fría ó refrigeración mecánica.

Como se ha visto, en los análisis de los ciclos de Carnot, una máquina de Carnot de ciclo inverso extrae calor de un depósito térmico de baja temperatura, y entrega dicha energía, mas el trabajo necesario para transferir ese calor, a un depósito térmico de alta temperatura.

Existen varios sistemas de refrigeración que se utilizan en la práctica para llevar a cabo tal función; describiremos durante el desarrollo de este capítulo a los sistemas por compresión de vapor, que son:

- Sistema de refrigeración por compresión de vapor de cascada.
- Sistema de refrigeración por compresión de vapor de propósito múltiple con un solo compresor.
- Sistema de refrigeración por compresión de vapor de múltiples etapas.

Además de los otros tipos de sistemas de refrigeración que no abarcaremos en este capítulo, pero que vale la pena mencionar, y que son:

- Ciclo de refrigeración por absorción.
- Ciclo de refrigeración por chorro de vapor.
- Sistemas de refrigeración especiales.

Aunque el más comercial y común es el ciclo de refrigeración por compresión de vapor, ya que se puede tener desde los hogares domésticos, hasta las industrias que tengan procesos de producción muy complejos.

El sistema de absorción es el segundo de importancia, pero el refrigerante más común usado es muy tóxico, a cambio de esto sirve para grandes cargas térmicas.

El sistema por chorro de vapor, como su nombre lo dice, se usa en instalaciones donde se disponga de una caldera que nos proporcione el vapor, pero que a la vez no altere el proceso de la caldera.

Dentro de los sistemas especiales, tenemos el electromagnético, se dice que puede llegar casi al cero absoluto.

3.1 Ciclo inverso de Carnot.

La figura 3.1 partes (a) y (b), se ilustra una representación física del ciclo inverso de Carnot, así como el diagrama T-s que corresponde al mismo. Se trata de un sistema del tipo de compresión de vapor.

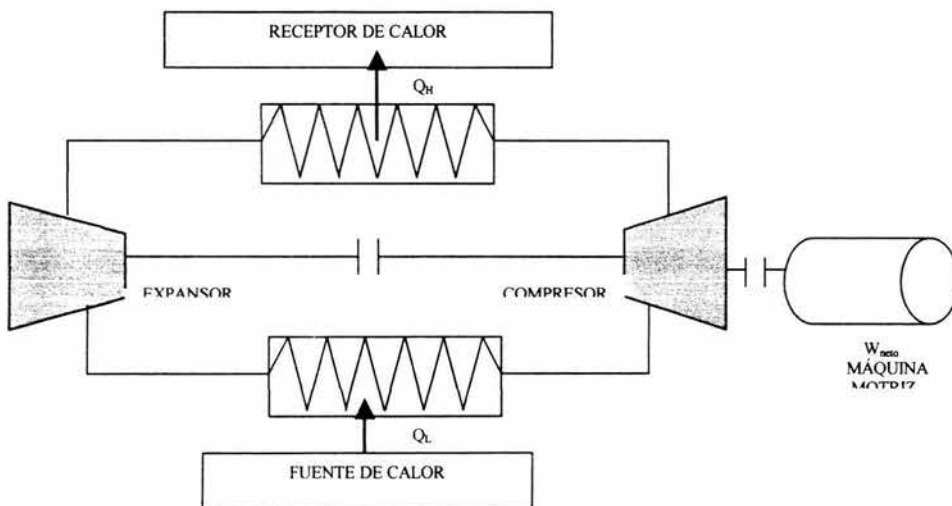


Figura (a).

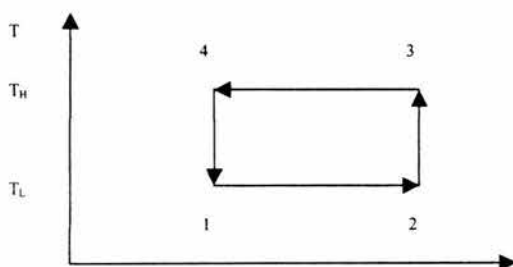


Figura (b).

Figura 3.1. (a) Esquema de un sistema de refrigeración que funciona en base a un ciclo inverso de Carnot; (b) diagrama T-s correspondiente al mencionado ciclo.

El índice de eficacia de un sistema de refrigeración no es una eficiencia, sino la relación conocida como coeficiente de funcionamiento (COP). Que se define como el calor suministrado (efecto deseado) dividido entre el trabajo neto realizado (lo que se suministra y lo que cuesta).

Matemáticamente el coeficiente de funcionamiento se define así:

$$COP = \frac{Q_{entra}}{W_{neto}}$$

En el caso de un ciclo inverso de Carnot se tiene:

$$COP = \frac{T_L \Delta S}{(T_H - T_L) \Delta S} = \frac{T_L}{T_H - T_L}$$

Los índices H y L significan alta (high) y baja (low), respectivamente.

Como el ciclo inverso de Carnot es el mejor u óptimo posible, el COP (ó CF) correspondiente a tal ciclo suele utilizarse como base de comparación de los valores de COP obtenidos en otros ciclos.

3.2 Consideraciones relativas al refrigerante.

La siguiente cuestión importante es el tipo de sustancia de trabajo o refrigerante, que podemos utilizar en un sistema de refrigeración.

Hay muchas opciones, como se ilustra en la tabla 3.1, pero es deseable tener una presión de entrada al compresor que sea igual o mayor que la atmosférica, de modo que el aire no se infiltre en el sistema de refrigeración.

Es necesario entonces contar con una sustancia que tenga una temperatura de ebullición menor que la de los alrededores a la presión atmosférica.

Si consideramos los puntos de ebullición de diversas sustancias a la presión atmosférica, muchas serán temperaturas suficientemente bajas, de modo que tales sustancias sirvan como refrigerantes.

El amoníaco, por ejemplo, hierve a -33.3 °C, y el refrigerante 12, lo hace a -29.7 °C , ambos a la presión atmosférica.

Si empleáramos una sustancia bifásica, el diagrama T-s correspondiente a un ciclo inverso de Carnot en un sistema de compresión de vapor, se asemejaría a la figura 3.2.

En este caso, el calor suministrado que proviene de la región refrigerada, evaporaría el fluido (en 1) hasta alcanzar el estado 2.

El compresor aumentaría isentrópicamente (2-3) la presión de la mezcla húmeda hasta una temperatura elevada, produciendo su conversión en vapor saturado.

La cesión de calor (3-4) se efectuaría a una temperatura constante, hasta que el fluido se condense a la forma de líquido saturado, y luego el líquido entraría (4-1) al expandir a entropía constante, realizando ahí trabajo hasta alcanzar la presión y la temperatura del estado 1.

Designación numérica	Fórmula química	Peso molecular	Punto de ebullición (1 Atms) K	Temperatura crítica K	Presión crítica MPas	Entalpía en el punto de ebullición	Uso común	Grupo de seguridad
729	Aire	28.97	78.8	132.6	3.77	----	Ciclo de gas	1
13	CClF ₃	104.47	191.7	302.0	3.87	15,503	Si	1
744	CO ₂	44.01	194.6	304.1	7.38	25,306	No	1
13B1	CBrF ₃	148.9	215.4	340.1	3.96	17,679	Si	1
22	CHClF ₂	86.48	232.4	369.1	4.98	20,425	Si	1
717	NH ₃	17.03	239.8	406.1	11.42	23,328	Si	2
12	CCL ₂ F ₂	120.93	243.4	385.1	4.11	19,969	Si	1
144	CClF ₂ CClF ₂	170.93	276.7	418.9	3.27	23,442	Si	1
21	CHCl ₂ F	102.93	282.1	451.6	5.17	24,918	No	1
11	CCl ₃ F	137.93	296.7	471.1	4.38	25,002	Si	1
113	CCl ₂ FCClF ₂	187.93	320.7	487.3	3.41	27,493	Si	1

Tabla 3.1. Propiedades físicas de refrigerantes.

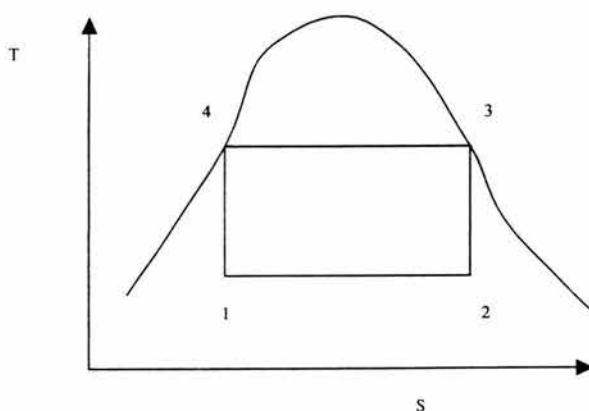


Figura 3.2. Diagrama T-s correspondiente a una sustancia bifásica que funciona con base en un ciclo inverso de Carnot.

3.3 Ciclo de refrigeración por compresión de vapor.

Una bomba de calor y un refrigerador son máquinas de calor que funcionan en forma invertida. Durante la operación, una máquina de calor invertida transfiere calor de una fuente a baja temperatura a un sumidero a alta temperatura.

Un refrigerador o acondicionador de aire se construye para extraer calor de una fuente a baja temperatura, mientras que una bomba de calor es capaz de entregar calor a un sumidero de alta temperatura, por ejemplo una habitación, para calentar una sustancia en un espacio. El dispositivo siempre se a conocido como refrigerador o acondicionador de aire si solo proporciona enfriamiento, y como bomba de calor si esta dispuesto de una manera que pueda calentar o enfriar un espacio particular.

Principios de refrigeración.

El funcionamiento de una máquina de calor invertida se basa en ciertos principios físicos fáciles de entender, tal vez el más utilizado de ellos sea el principio de enfriamiento por evaporación. En los dispositivos basados en el principio de enfriamiento por evaporación, el enfriamiento es producido cuando un refrigerante en estado líquido se evapora al absorber calor del sistema que se va a enfriar. La unidad en la que este proceso de evaporación tiene lugar se le denomina evaporador.

Para que funcione en forma continua o en un ciclo, el refrigerante debe retornar al estado líquido. Esto se logra (por lo general a una temperatura y una presión mayor) por medio de un proceso de rechazo de calor con un componente llamado condensador.

Principio del enfriamiento evaporativo.

El sistema de refrigeración por compresión de vapor funciona según el principio de enfriamiento por evaporación. Es por mucho el tipo más común de sistema de refrigeración en uso. Se utiliza de manera considerable en hogares, en el comercio, en la industria e incluso en los medios de transporte. Los refrigeradores domésticos pueden ser del tipo de compresión de vapor. La unidad de refrigeración en el acondicionador de aire de un automóvil también es un sistema de compresión de vapor.

La figura 3.3 ilustra las características esenciales de un sistema de refrigeración por compresión de vapor. El refrigerante líquido se evapora en el evaporador. El vapor saturado o ligeramente sobrecalentado que sale del evaporador es comprimido después por el compresor, que eleva la presión a un nivel tal que la correspondiente temperatura de saturación del refrigerante excede la temperatura del sumidero.

Así, el vapor refrigerante es capaz de rechazar calor hacia el sumidero y finalmente volver al estado líquido al pasar por el condensador. El refrigerante, ahora líquido, es devuelto al evaporador pasándolo por una válvula de expansión o estrangulamiento, que a menudo es un tubo capilar de diámetro pequeño. La presión en el evaporador debe de ser tal que la correspondiente temperatura de saturación del refrigerante será inferior a la temperatura del sistema que se está enfriando.

El ciclo de refrigeración por compresión de vapor es básicamente el ciclo de Carnot inverso, excepto que en el caso de un ciclo de refrigeración, la disminución de la presión del refrigerante, del alto nivel del condensador al bajo nivel del evaporador, se lleva a cabo por medio de una válvula de estrangulamiento o un tubo capilar.

Por lo general la expansión a través de la válvula de estrangulamiento se toma como adiabática, en cuyo caso la aplicación de la primera ley de la termodinámica indica que el proceso es isoentálpico.

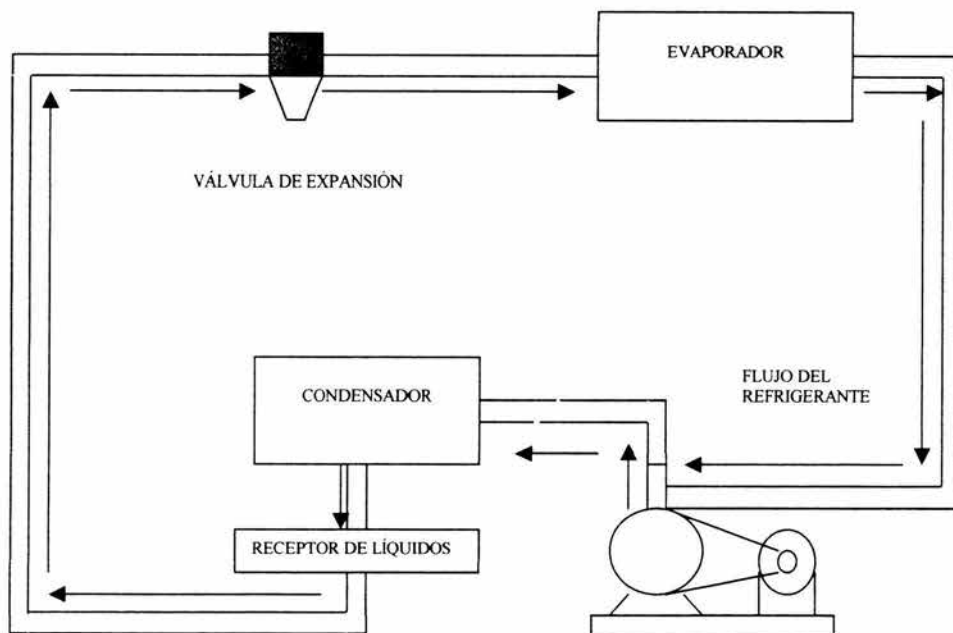


Figura 3.3. Diagrama esquemático de un ciclo de refrigeración por compresión de vapor.

Este proceso a entalpía constante va acompañado por un incremento de entropía. Como el proceso es adiabático se infiere del principio de incremento de entropía que el proceso es irreversible. De acuerdo con esto en proceso que se presenta en la figura 3.2 es una línea interrumpida.

3.4 Ciclo de compresión de vapor.

La figura 3.4 muestra las principales características de construcción de un dispositivo típico de refrigeración por compresión de vapor. A continuación se describen los procesos que constituyen el ciclo.

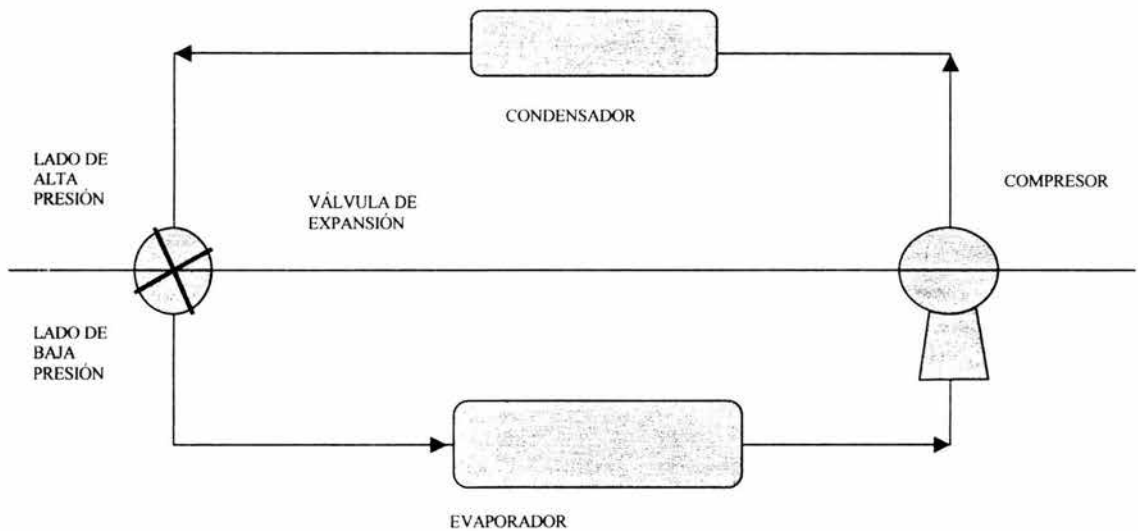


Figura 3.4. Diagrama esquemático de un sistema de refrigeración por compresión de vapor.

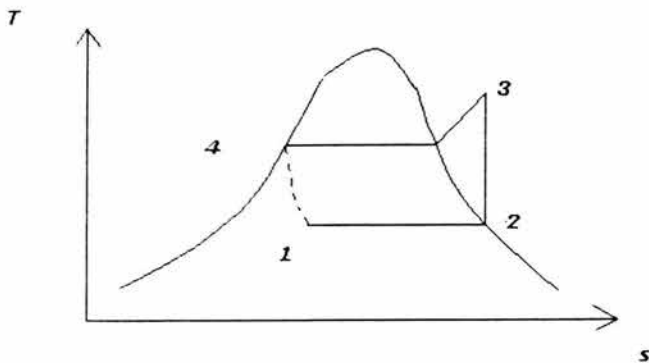


Figura 3.5. Diagrama esquemático de un sistema de refrigeración por compresión de vapor en coordenadas T-s.

Proceso de evaporación(1-2).

La figura 3.5 nos muestra el orden de estos procesos. El enfriamiento en el ciclo de refrigeración se produce en el evaporador. Para que un líquido se vaporice debe suministrarse calor equivalente a la entalpía de evaporación del líquido. La evaporación del refrigerante produce así el enfriamiento del medio colocado en contacto con la unidad evaporadora.

Se han empleado varios refrigerantes y la elección suele basarse en la temperatura de enfriamiento deseada, así como en consideraciones de seguridad. Por ejemplo, el amoníaco es una elección común en muchas aplicaciones de refrigeración. Sin embargo, debido a sus cualidades dañinas, su uso dentro de los edificio está prohibida por la ley.

Otro ejemplo es el refrigerante R-12 (diclorodifluorometano), que en una época fue el refrigerante más usado en dispositivos domésticos de refrigeración y en acondicionadores de aire para automóviles. Se sabe ahora que el R-12 tiene una influencia nociva en la capa protectora de ozono de la atmósfera terrestre.

En la actualidad se usa de una manera extensa el refrigerante R-22 (monoclorodifluorometano) menos nocivo que el refrigerante 12. Cabe mencionar que en la actualidad se encuentra en estudio y en aplicación otros refrigerantes con mejores cualidades que el R22, los cuales han ido reemplazando a estos refrigerantes.

Proceso de compresión (2-3).

Los procesos que siguen a la evaporación del refrigerante están diseñados para que el vapor producido vuelva a la condición original de vapor muy húmedo que precede al proceso de evaporación.

El compresor eleva la temperatura y la presión, desde la presión baja del estado 2 hasta la presión alta del estado 3, el compresor también pone en movimiento al refrigerante a través de las diversas unidades que constituyen el dispositivo de refrigeración.

Se supone que el proceso de compresión ocurre reversible y adiabáticamente en el caso ideal. Como se indico antes, la presión en el condensador debe ser tal que la temperatura de saturación correspondiente del refrigerante sea mayor que la temperatura del sumidero.

Proceso de condensación (3-4).

La condensación del vapor tiene lugar como resultado del proceso (3-4) de rechazo de calor, con frecuencia hacia el aire ambiente. Observe que cuando el dispositivo se usa como bomba de calor, el rechazo de calor es hacia el medio mantenido a la temperatura superior.

En tales aplicaciones, el aire ambiente sirve como fuente de calor e intercambia calor con la unidad evaporadora. La temperatura de vapor al final de la etapa de compresión normalmente es mucho mayor que la temperatura ambiente.

Así, a menudo se puede lograr una condensación hasta una condición de líquido ligeramente subenfriado, usando condensadores adecuadamente diseñados como intercambiadores de calor, aún cuando esta transferencia al sumidero es por convección natural.

Proceso De Estrangulamiento (4-1).

La válvula de estrangulamiento se usa para que el refrigerante vuelva a la condición de baja presión y de vapor muy húmedo antes de su entrada al serpentín evaporador. Las líneas discontinuas usadas en los diagramas T-s y P-h (Temperatura-Entropía y Presión-Entalpía)

para el proceso de estrangulamiento sirven para recordar que el proceso es internamente irreversible.

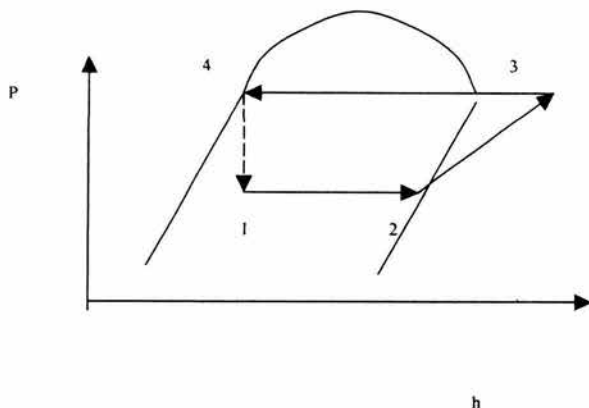


Figura 3.6. Diagrama esquemático de un sistema de refrigeración por compresión de vapor en coordenadas P-h.

3.5 Sistema de refrigeración por cascada.

Las aplicaciones de la refrigeración son numerosas y variadas, además de las más comunes en relación con la fabricación de hielo, conservación de los alimentos, acondicionamiento del aire y construcción de pistas de patinaje sobre hielo, la refrigeración se emplea también en la conservación del plasma sanguíneo, en el tratamiento a bajas temperaturas de los materiales y en la licuefacción de gases.

Cada aplicación requiere de unas temperaturas diferentes para el espacio por refrigerar, la determinación de esta temperatura constituye la primera decisión que se debe tomar en el diseño de un sistema de refrigeración.

El ciclo simple de refrigeración por compresión de vapor, es el más utilizado y el más adecuado para la mayor parte de las aplicaciones de refrigeración.

Los ciclos de refrigeración por compresión de vapor son simples, económicos, confiables y casi no necesitan mantenimiento.

Sin embargo, sus grandes aplicaciones industriales, la eficiencia, no la simplicidad, por lo que en algunas aplicaciones es inadecuada y necesita modificarse.

En algunas aplicaciones industriales son necesarias temperaturas moderadamente bajas, y el intervalo de temperatura que implica es demasiado grande. Un gran intervalo de temperatura significa también un gran nivel de presión en el ciclo y un pobre rendimiento en un compresor recíprocante.

Para enfrentar esta situación se debe de efectuar el proceso de refrigeración en etapas, en paralelo, es decir, tener dos o mas ciclo simples de refrigeración por compresión de vapor. Dicho ciclo recibe el nombre de *ciclo de refrigeración en cascada*.

Los dos ciclos se conectan por medio de un intercambiador de calor en medio de ambos, el cual sirve como el evaporador en el ciclo superior y como el condensador en el ciclo inferior.

Los refrigerantes en ambos ciclos podrán ser iguales sin embargo, esto no es necesario puesto que no se produce mezcla en el intercambiador de calor. Por tanto, los refrigerantes con características mas deseables pueden utilizarse en cada ciclo.

Además, en los sistemas de refrigeración en cascada reales, los dos ciclos se traslaparían un poco, ya que una diferencia de temperaturas entre los Doz fluidos es necesaria para que suceda alguna transferencia de calor.

Además que el trabajo del compresor disminuye y que la cantidad de calor absorbido del espacio refrigerado aumenta como resultado de las etapas en cascada.

Por tanto, el sistema en cascada mejora el COP de un sistema de refrigeración. Algunos sistemas de refrigeración usan tres o cuatro etapas en cascada.

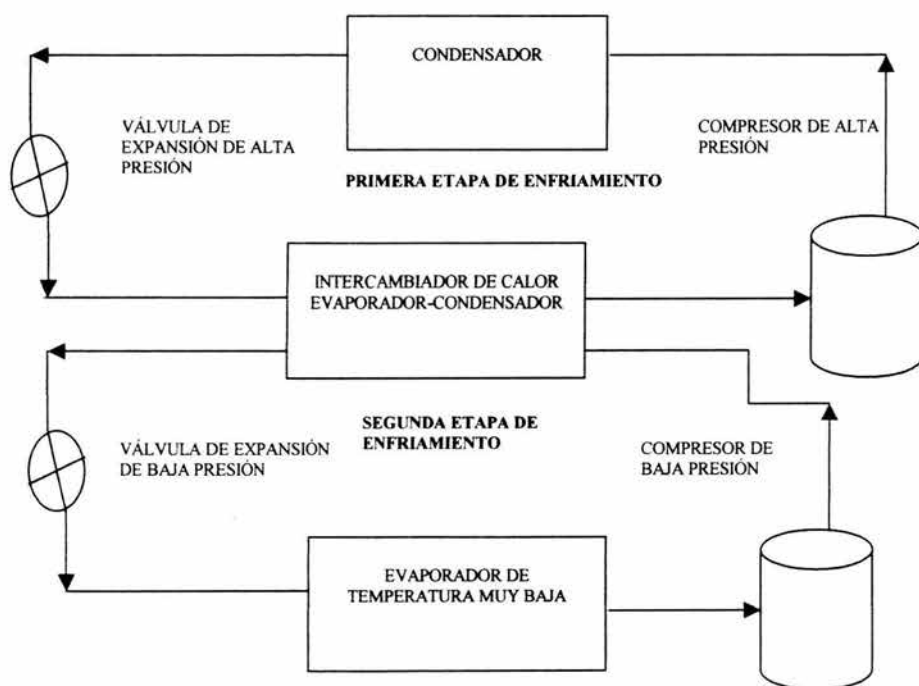


Figura 3.7. Diagrama esquemático de un sistema de refrigeración por cascada.

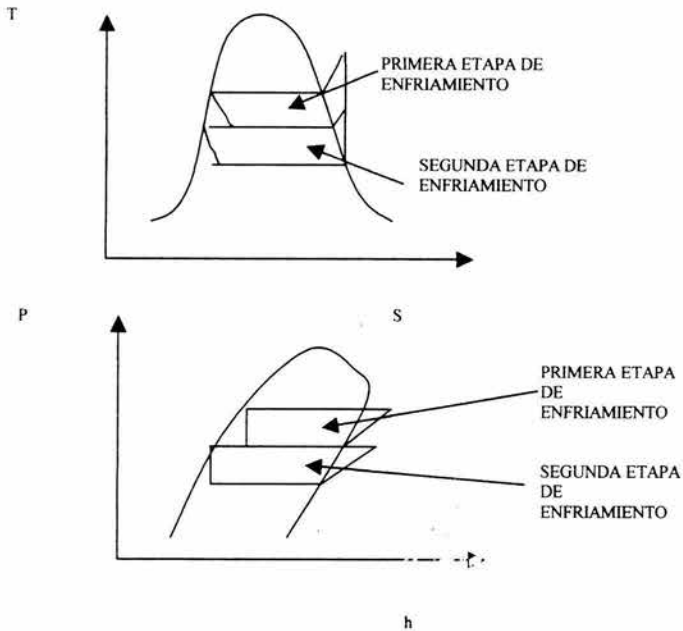


Figura 3.8. Diagramas esquemático T-s y P-h de un sistema de refrigeración por cascada.

Para determinar matemáticamente el coeficiente de funcionamiento, se determina así:

$$COP = \frac{Q_{entra}}{W_{neto}}$$

En el caso de un sistema de refrigeración por cascada, se tiene:

Para dos etapas:

$$COP = \frac{Q_{entra}}{W_{neto}}$$

donde:

$$W_{neto} = W_{1ETAPA} + W_{2ETAPA}$$

y

$$Q_{entra} = \text{Calor_del_evaporador_de_temperatura_muy_baja}$$

En ejercicios se comprobado en teoría que la potencia requerida para un sistema de refrigeración con una sola etapa sería del 16.2% mayor que la necesaria para llevar a cabo una

compresión de dos etapas. El COP de dos etapas muestra un notable incremento del 33% cuando se emplea el funcionamiento concatenado o en cascada.

3.6 Sistema de refrigeración por compresión de múltiples etapas.

Se le denomina así cuando el fluido utilizado en el sistema de refrigeración en cascada es el mismo, el intercambiador de calor entre las etapas puede sustituirse por una cámara de mezcla, ya que ésta cuenta con mejores características de transferencia de calor.

En este sistema el refrigerante líquido se expande en la primera válvula de expansión hasta la presión de la cámara de evaporación, que es la misma que la presión inter etapas del compresor.

Parte del líquido se evapora durante este proceso. Este vapor saturado se mezcla con el vapor sobrecalentado del compresor de baja presión, y la mezcla entra al compresor de alta presión en el estado 3.

El líquido saturado se expande a través de la segunda válvula de expansión hacia el evaporador, donde recoge calor del espacio refrigerado.

Para determinar matemáticamente el coeficiente de funcionamiento, se determina así:

$$COP = \frac{Q_{entra}}{W_{neto}}$$

En el caso de un sistema de refrigeración por compresión de múltiples etapas, se tiene:

$$COP = \frac{Q_{entra}}{W_{neto}}$$

donde:

$$W_{neto} = W_{1ETAPA} + W_{2ETAPA} = (1-x)(\Delta h_{1ETAPA}) + (1)(\Delta h_{2ETAPA})$$

y

$$Q_{entra} = (1-x)\Delta h = \text{Calor_del_evaporador}$$

El valor de "x" se determina mediante balances de energía y nos indica la cantidad de refrigerante que se extrae en las diferentes cámaras, logrando calcular la cantidad de energía exacta que el fluido manija en cada uno de sus componentes.

Al igual que en los sistemas de refrigeración de cascada, en ejercicios se comprobó en teoría que la potencia requerida para un sistema de refrigeración con una sola etapa sería del 16.2% mayor que la necesaria para llevar a cabo una compresión de dos etapas.

El COP de dos etapas muestra un notable incremento del 33% cuando se emplea el funcionamiento con diferentes etapas de compresión.

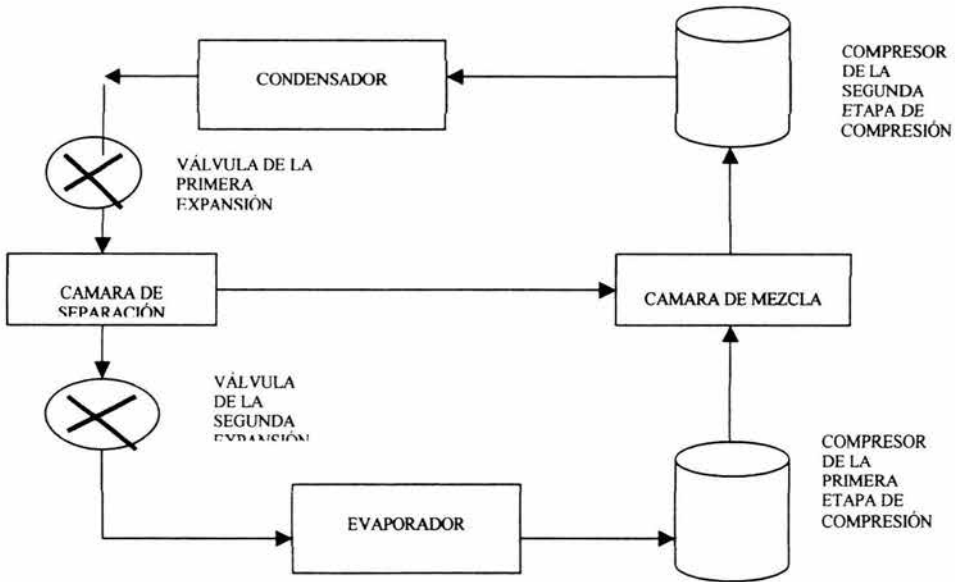


Figura 3.9. Diagrama esquemático de un sistema de refrigeración por múltiples etapas.

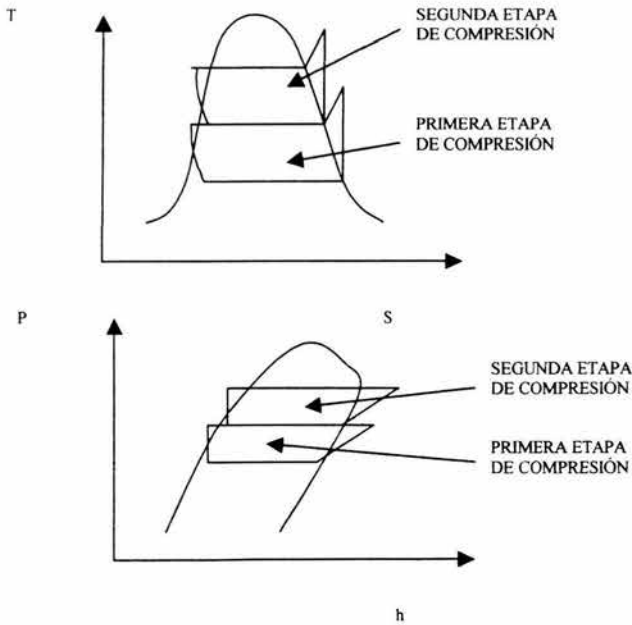


Figura 3.10 Diagramas esquemático T-s y P-h de un sistema de refrigeración por compresión múltiple.

3.7 Sistema de refrigeración de propósito múltiple con un solo compresor.

Algunas aplicaciones requieren refrigeración a más de una temperatura. Lo anterior se logra con una válvula de estrangulamiento independiente y un compresor por separado para cada evaporador que opere a temperaturas diferentes. Sin embargo, un sistema de esas características será voluminoso y quizás antieconómico.

Un planteamiento más práctico y económico sería henchir todas las corrientes de salida de los evaporadores a un solo compresor y dejar que éste maneje el proceso de compresión para el sistema completo. Consiste, por ejemplo, una unidad congeladora de refrigerador ordinaria.

La mayor parte de los alimentos refrigerados tienen un alto contenido de agua y el espacio refrigerado debe mantenerse arriba del punto de congelación para evitar el congelamiento. El compartimiento del congelador, sin embargo, se mantiene a casi $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Por consiguiente, el refrigerante debe entrar al congelador a $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ para tener una transferencia de calor a una relación razonable en el congelador.

Si se usara una sola válvula de expansión y un evaporador, el refrigerante tendría que circular en ambos compartimientos a casi $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, lo que provocaría la formación de hielo en la vecindad de los serpentines y la deshidratación del producto.

Este problema se elimina estrangulando el refrigerante a una presión más alta para su uso en el espacio refrigerado y después estrangularlo hasta la presión mínima cuando se utilice en el congelador. La totalidad del refrigerante que sale del compartimiento del congelador se comprime después con un solo compresor hasta la presión del condensador.

Para determinar matemáticamente el coeficiente de funcionamiento, se determina así:

$$COP = \frac{Q_{entra}}{W_{neto}}$$

En el caso de un sistema de refrigeración de propósito múltiple con un solo compresor, se tiene:

$$COP = \frac{Q_{entra}}{W_{neto}}$$

donde:

$$W_{neto} = W_{compresor} = (\Delta h)$$

y

$$Q_{entra} = Q_{enfriamiento} + Q_{congelación} = \Delta h_{enfriamiento} + \Delta h_{congelación}$$

El valor del COP de propósito múltiple con un solo compresor es muy similar al valor del COP de un refrigerador normal, ya que solo se está creando una expansión extra para poder bajar más la presión y por lo tanto lo que más nos interesa, la temperatura.

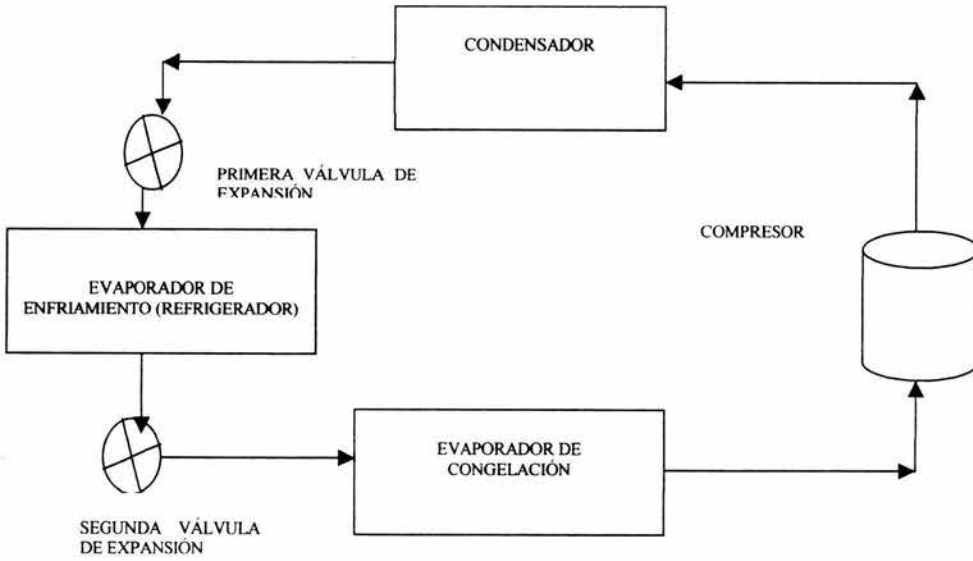


Figura 3.11 Diagrama esquemático de un sistema de refrigeración de propósito múltiple con un solo compresor.

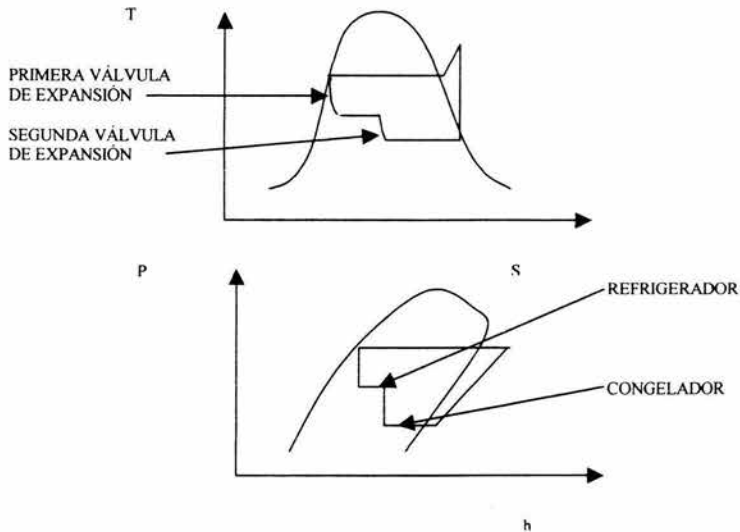


Figura 3.12 Diagramas esquemático T-s y P-h de un sistema de refrigeración de propósito múltiple con un solo compresor.

CAPITULO 4

"CICLO DE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL POR COMPRESIÓN DE VAPOR"

Al hablar de refrigeración industrial, estaremos investigando acerca de una gran cantidad de componentes mecánicos y eléctricos que difícilmente se estudian dentro de alguna asignatura a nivel profesional. Por lo tanto, este es un tema mas técnico y de información que solo los fabricantes tienen.

En forma general un ciclo de refrigeración industrial, tiene los siguientes componentes, que en su mayoría, se encuentran también incluidos dentro de el módulo didáctico propuesto. Aclarando que solo analizaremos los componentes mecánicos, ya que los eléctricos los analizaremos en el capítulo próximo.

Componentes mecánicos.
1. Compresor.
2. Silenciadores.
3. Manómetros.
4. Presostato de alta presión.
5. Presostato de baja presión.
6. Separador de aceite.
7. Condensador.
8. Receptor de líquidos ó depósitos de líquido.
9. Mirillas e indicadores de humedad..
10. Filtro deshidratador.
11. Cambiador e intercambiador de calor.
12. Válvula solenoide.
13. Válvula de expansión termostática.
14. Difusor.
15. Acumulador de succión.
16. Termostato.
17. Otras válvulas.
Componentes eléctricos.
1. Válvula solenoide.
2. Compresor.
3. Presostato de alta presión.
4. Presostato de baja presión.
5. Termostato.
6. Relevador de corriente.
7. Capacitor permanente.
8. Capacitor de arranque.
9. Protector térmico.
10. Focos indicadores.
11. Interruptores cola de rata.

La figura 4.1 nos muestra un circuito mecánico de refrigeración industrial, con todos los componentes auxiliares, por lo regular, muy pocos equipos de refrigeración por compresión de vapor, lo tienen todos, debido a que no resulta costoso tener todos y cada uno de estos componentes, mas sin embargo, dependiendo de la aplicación es necesario que tenga algún

componente auxiliar (aparte de los cuatro componentes básicos: compresor, evaporador, válvula de expansión y evaporador).

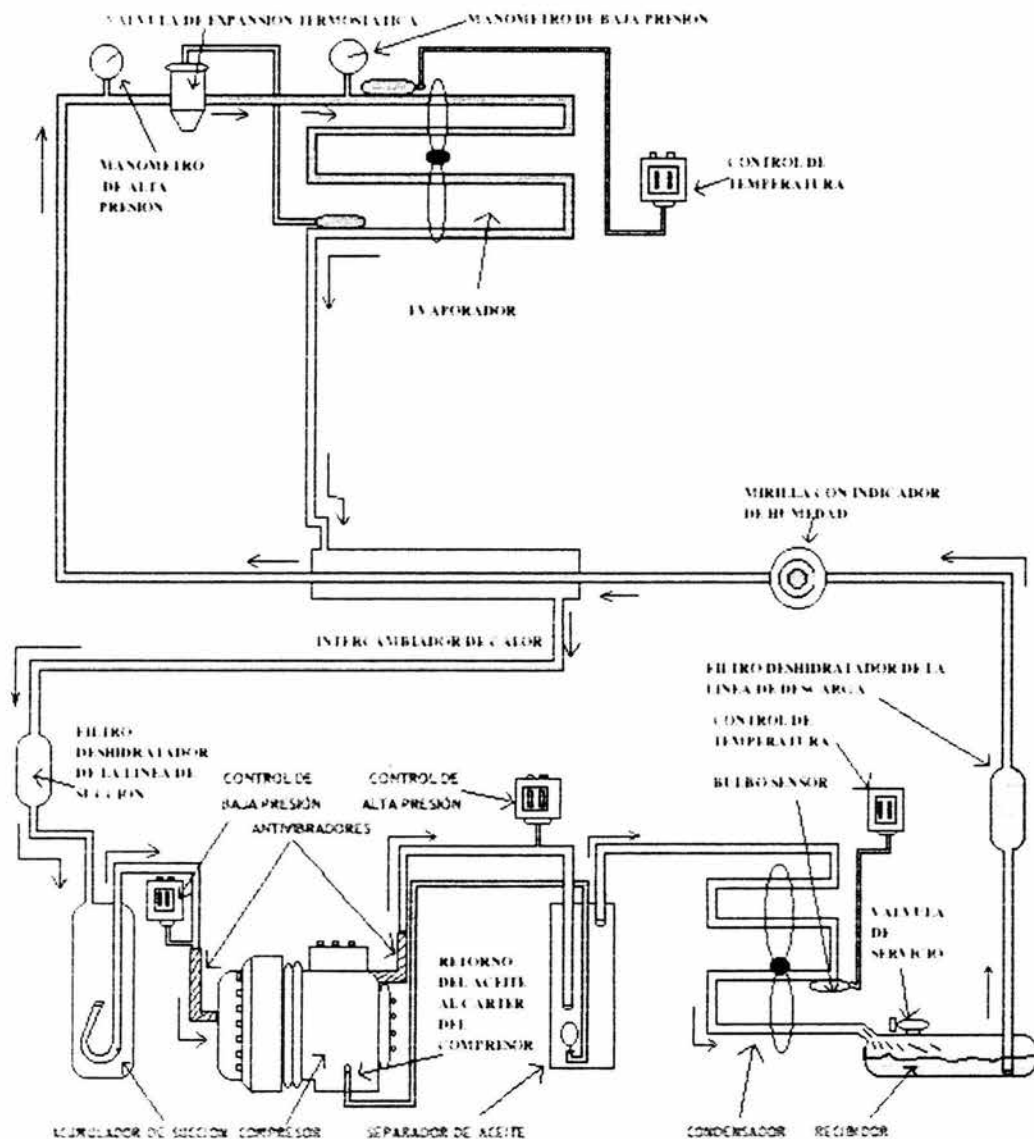


Figura 4.1. Diagrama esquemático de un sistema de refrigeración industrial por compresión de vapor, tal como se propone construir en el laboratorio.

4.1 Compresor.

El desplazamiento de un medio gaseoso puede realizarse por medio de un ventilador o un compresor. En el primero, debido a que el incremento de presión es pequeño, el efecto de compresibilidad puede despreciarse. Tanto el ventilador como el compresor son máquinas que absorben energía y la restituyen a un gas incrementando su presión. En el compresor, el flujo no puede despreciarse.

Características del compresor.

1. Es una turbo máquina.
2. En el cálculo y su funcionamiento el gas se supone incompresible.
3. Es una máquina térmica.
4. Con frecuencia es refrigerado.

El compresor generalmente requiere de un sistema de enfriamiento pues es una máquina térmica mientras que el ventilador al tener presiones pequeñas (teóricamente despreciables) no lo requiere puesto que el gas no se calienta. *Un compresor es un dispositivo en el que se efectúa trabajo sobre un fluido gaseoso (elevando así su presión).* Este se considera como una máquina inducida que transforma la energía mecánica en energía cinética.

En la actualidad, una gran variedad de procesos industriales y de manufactura, requieren de uno o varios sistemas de compresión para realizar: transporte de materiales sólidos, proporcionar aire a sistemas neumáticos de control, impulsar herramientas, etc; para los sistemas de refrigeración y en las plantas donde se emplean turbinas de gas, el compresor es una parte mecánica imprescindible.

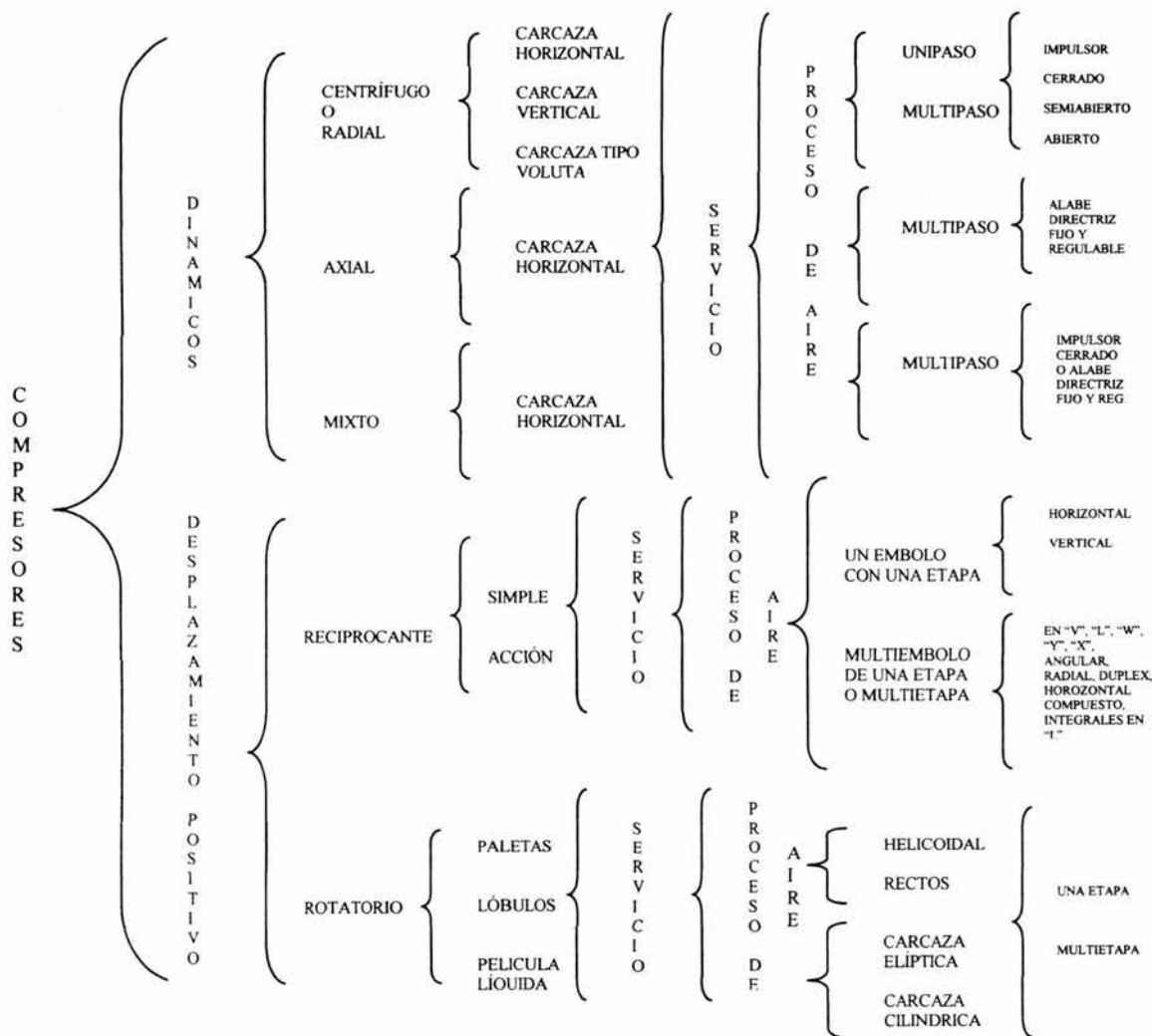
Los compresores pueden manejar cualquier tipo de gas (CO_2 , O_2 , N_2 , gas natural, etc.), sin embargo, los de mayor utilización e interés en la industria son los compresores de aire; ya que el aire comprimido tiene una gran aplicación como elemento de transmisión de energía por su adaptabilidad y facilidad de conducción.

Accionamiento de martillos, taladros, aparatos para pintar por pulverización, elevadores neumáticos, limpieza por chorro de aire y un sin número de herramientas y trabajos pueden ser accionados o realizados con aire comprimido. La transmisión e señales e medición y control es hoy en día una de las más atinadas aplicaciones del aire comprimido.

Clasificación de los compresores.

Para clasificar los compresores podemos tomar en cuenta diversos factores como son: la capacidad, el tipo de gas que manejan, tipo de transmisión, la aplicación, la trayectoria que siguen las partículas gaseosas en el interior de la máquina, según la presión que manejan, según la naturaleza del gas, etc. La clasificación más empleada es la que se basa en el principio de funcionamiento. Cuadro 4.1. Cada tipo de compresor posee sus características particulares que lo hacen apropiado para una determinada aplicación. Así por ejemplo, la característica de velocidad, la relación entre la capacidad y el peso o el rendimiento y otros factores de construcción, pueden señalar a un compresor como indicado para un caso e

impropio para otro. La capacidad y el incremento de presión son los parámetros de mayor importancia para determinar la selección de un compresor. En la figura 4.2. Se muestra un diagrama de selección rápida de un compresor, de acuerdo a la presión de descarga y flujo de entrada.



Cuadro 4.1. Clasificación general de los compresores.

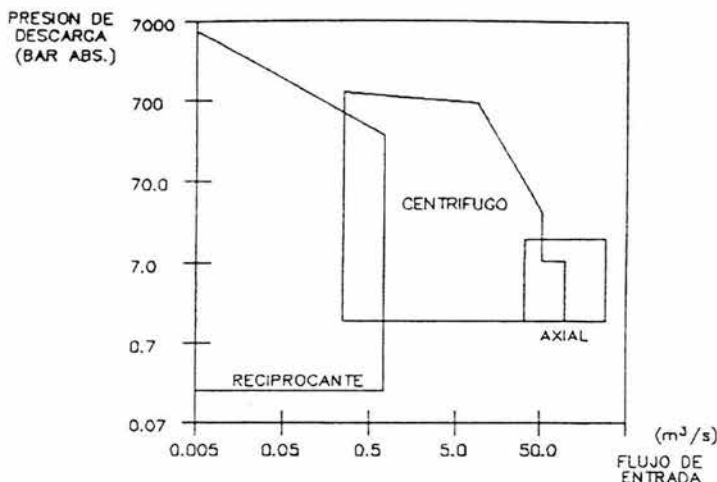


Figura 4.2. Diagrama de zonas de operación de los diferentes tipos de compresores.

Compresores dinámicos.

Son máquinas de flujo continuo, cuyo principio de funcionamiento es la ecuación de Euler. Sus velocidades de trabajo son elevadas, por lo cual suministran una alta energía cinética al gas cuando el fluido pasa a través de la máquina. Esta energía se convierte parcialmente en presión en el elemento rotatorio y en los alabes estacionarios o difusores posteriormente.

Compresores centrífugos.

Este tipo de compresor transforma la energía mecánica en energía cinética transmitida por el impulsor al fluido de trabajo. Consiste principalmente de un impulsor rotatorio y en uno o más pasos divergentes, a través de los cuales se descarga el aire. La presión se produce al aumentar la velocidad del gas pasa por el impulsor.

Al salir despedido del impulsor el gas se mueve a una velocidad elevada y, por lo tanto, posee energía cinética, la mayor parte de la cual se puede convertir en presión si se disminuye correctamente la velocidad del gas. La misión del difusor, es convertir la energía cinética en presión.

Compresores axiales.

En el compresor de flujo axial los alabes consisten en paletas aerodinámicas cuidadosamente diseñadas, situadas de manera que al girar, el gas se mueve hacia el borde saliente de los alabes. En el espacio que queda entre los alabes se produce un efecto de difusión y desaceleración a medida que el gas se mueve hacia el borde siguiente de paletas móviles. En estos compresores, el flujo del gas es paralelo al eje o árbol del compresor y no cambia de sentido como en los centrífugos. Este tipo de compresores se utiliza únicamente para aire o

gas limpios, ya que son más susceptibles de depósito, corrosión y erosión en los alabes en comparación con los centrífugos.

Compresores mixtos.

El impulsor de esta máquina dinámica reúne tanto características del impulsor radial como del axial. Existen compresores de fluido mixto de acuerdo a la relación de presión requerida, aun que generalmente se tienen combinaciones con rotor de flujo axial al principio y radial en el último paso. Este tipo de compresores es ideal para trabajar a grandes presiones.

Compresores reciprocantes.

Los compresores reciprocantes están clasificados como parte de las máquinas de desplazamiento positivo. El movimiento rectilíneo alternativo de un émbolo dentro de un cilindro comprime y desaloja el gas manejado. Estos compresores pueden manejar cualquier tipo de gas aun cuando éste sea corrosivo y están constituidos al igual que un motor de combustión interna por válvulas de admisión y válvulas de escape que abren y cierran de manera mecánica con levas y varillas o automáticamente mediante una diferencia de presión.

Los rangos de presión de descarga que podemos obtener de un compresor reciprocante de una sola etapa son de 0.07 bar absolutos hasta 9 bar. Con dos etapas la presión de descarga obtenida va de 9 bar hasta 35, mientras que con tres etapas podemos lograr presiones mayores de 175 bar. Cuando se requieran presiones mayores de 350 o más, esto se puede lograr con un compresor de cuatro etapas. En la practica, los compresores reciprocantes instalarse a la intemperie o en el interior de la casa de máquinas. Estos, generalmente, debido a sus características físicas se utilizan en procesos donde se requieren altas presiones y bajos flujos volumétricos.

Los compresores reciprocantes de acuerdo a sus principales características de construcción y funcionamiento se clasifican:

	Por el número De efectos	De simple efecto De doble efecto
	Por la disposición De los émbolos y Cilindros.	Vertical, horizontal, en V Tipo Duplex, en Tandem. Semiradiales, etc.
COMPRESORES RECIPROCANES	Por el número de etapas.	De una etapa. De dos o más etapas.
	Por el tipo de Enfriamiento.	Enfriado por aire. Enfriamiento por agua.
	Por el tipo de Lubricación	Compresores lubricados. Compresores no lubricados

Para potencias hasta de 100HP se construyen con cilindros de acción simple, enfriados por aire y lubricados por salpique. Cuando el aire comprimido se utiliza para aire de instrumentos o para pequeños procesos, el compresor deberá ser no lubricado con anillos y cilindros con un recubrimiento de grafito con bajo coeficiente de rozamiento, enfriado por agua y con pistón de doble acción.

Si se requiere de grandes presiones de aire, entonces un arreglo de cilindros acomodados horizontalmente y en serie con dos o más etapas de compresión satisficieran nuestras demandas. Cuando en un compresor reciprocante se tenga una relación de compresión muy alta en la primera etapa, deberá hacerse un arreglo de dos o más etapas, modificando presiones ínter etapas y las relaciones de presión con ínter enfriadores entre cada etapa.

Compresores rotatorios.

Dentro de la clasificación de los compresores de desplazamiento positivo se encuentran los rotatorios, éstos a su vez se subdividen en compresores de paletas deslizantes, lóbulos, de tornillo y de película líquida. Este tipo de máquinas son las menos conocidas y menos populares, se emplean para relaciones de compresión variables, amplio rango de capacidad y para operar a la misma velocidad de un motor eléctrico. Su principio de funcionamiento se basa en la disminución de un volumen de gas en un espacio rotativo, que converge en la cámara de descarga.

Compresores de tornillo.

Es el más versátil de los rotatorios, originalmente se utilizó para trabajar con gas seco, sin humedad y libre de partículas extrañas. Últimamente son empleados para manejo de gas de desecho. Este compresor consiste de dos rotores soportados por cojinetes en ambos extremos de la carcasa, de modo que giran sin entrar en contacto entre ellos, manteniendo un pequeño claro constante. Uno de los rotores es el motriz al cual se le conoce como macho y al otro hembra, éste último gira en dirección opuesta, encontrándose entrelazados dentro de una envolvente sellada.

Compresores de lóbulos rectos.

En este compresor los lóbulos impulsores giran en dirección opuesta, sobre flechas montadas en paralelo dentro de una carcasa. Una de las flechas funciona como motriz y hace girar a las otras por medio de engranes. El gas puede fluir hacia arriba o hacia abajo del compresor, ajustando el sentido de rotación de los lóbulos. Los engranes y cojinetes son colocados en el interior de la carcasa, existiendo un sello entre ésta y la flecha. Para evitar fugas al exterior. Durante la operación, no existe rozamiento entre los lóbulos por lo cual la lubricación interior no es necesario. Esta unidad funciona cuando los lóbulos al girar empujan el volumen constante de gas encerrado entre ellos y la envolvente fuera del orificio de descarga.

Compresores de paletas deslizantes.

En este compresor el rotor gira exactamente dentro de un cilindro, las ranuras radiales del rotor llevan paletas deslizantes, formando una serie de celdas longitudinales. El giro del rotor,

crea una fuerza centrífuga que mantiene las paletas contra la pared del cilindro, y el volumen de la celda se reduce conforme se aproximan a la cámara de descarga.

Al girar el rotor las paletas pasan sobre el orificio de entrada, donde se ocupan con gas a las condiciones de succión. Las celdas son llenadas completamente cuando se acercan al punto de máximo volumen. Como las celdas se encierran, al girar hacia la descarga el volumen entre ellas es más pequeño. En el punto de mínimo volumen y máxima compresión el gas es descargado.

Compresores de película líquida.

En este compresor se combina la acción centrífuga sobre el líquido sellante, para que este a su vez cree una acción similar a la del compresor reciprocante sobre gas o vapor que está siendo manejado. La trayectoria excéntrica de la película líquida revolvente, produce una entrada y salida, o movimiento radial reciprocante para cada pistón del líquido, relativo al rotor cilíndrico, el cual revuelve hasta el centro fijado. El líquido es descargado conjuntamente con el gas o vapor a través de los orificios de descarga, y al mismo tiempo se admite una reposición o líquido sellante para mantener la bomba completa con la cantidad adecuada de líquido.

4.2 Silenciadores.

El objeto del silenciador o mofle es amortiguar o eliminar pulsaciones de gas caliente provocadas por los compresores alternativos. Cualquier compresor alternativo crea algo de pulsaciones de gas caliente. Aunque se hacen grandes esfuerzos para reducir al mínimo las pulsaciones en el diseño del sistema y del compresor, esas pulsaciones pueden ser lo suficientemente severas como para crear dos problemas estrechamente relacionados. El primero es el ruido, el cual, aunque es molesto para los usuarios del equipo, no necesariamente tiene efectos perjudiciales sobre el sistema.

El segundo problema es la vibración, que puede ocasionar ruptura de tubería. Con frecuencia estos dos problemas se dan en forma simultánea. El silenciador se intercala en el tubo de descarga lo más cerca del compresor que se pueda. En los compresores herméticos soldados el silenciador se encuentra con frecuencia dentro de la caja, el mofle es una trampa natural. Con facilidad detiene el aceite y puede también atrapar refrigerante líquido. El silenciador se debe instalar ya sea en flujo descendente o en un tubo horizontal.

4.3 Manómetros.

La presión de descarga del compresor se puede determinar conectando un medidor de presión alta en la válvula de servicio de descarga del compresor. La presión de succión se encuentra conectando el medidor de compuesto en la válvula de servicio de succión del compresor.

El medidor para presión máxima tiene una válvula de retención que forma parte de su construcción y que detiene la manecilla indicadora sobre la carátula en el lugar de presión máxima. Un botón que se encuentra a un lado del receptáculo del medidor libera la presión, permitiendo que el puntero regrese a cero.

Los manómetros se usan frecuentemente con un múltiple, en lugar de conectarlos directamente en las válvulas de servicio. A su vez, el múltiple se conecta por medio de mangueras flexibles a las dos válvulas de servicio. Una tercera manguera permite la evacuación o carga del sistema.

4.4 Presostato de alta presión.

Algunas veces las condiciones de operación originan presiones de carga excesivamente altas. Las condiciones tales como temperatura de condensación ambiente elevadas o la presión de los gases incondensables en el sistema también originan lo anterior. Asimismo, una presión de carga alta puede resultar de cualquier condición que limite o interrumpa el flujo de agua a través del condensador enfriado con agua, por citar algún ejemplo.

El control de cierre por alta presión se utiliza para evitar la formación de altas presiones que puedan dañar el equipo y dar lugar a condiciones inseguras. El control de alta presión es similar en construcción al control de baja presión.

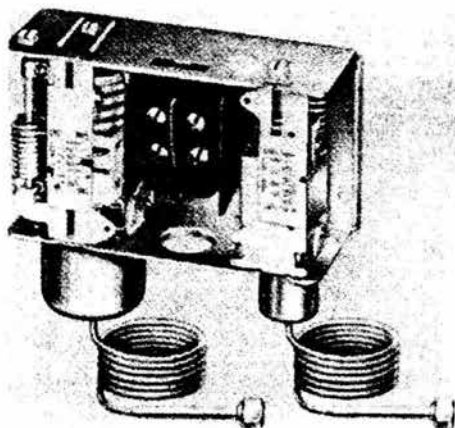


Figura 4.3. Presostato de alta presión.

Los fuelles o diafragma que se conectan con el tubo pequeño del compresor actúan como interruptor eléctrico. La presión de descarga, en lugar de la presión de succión (como en el caso del control de baja presión) altera con frecuencia este control.

Además, el interruptor eléctrico opera en forma inversa al control de baja presión. Cuando la presión aumenta después de un punto de ajuste específico correspondiente a una presión de operación máxima de seguridad, los fuelles o diafragma del control de cierre por alta presión abren un interruptor eléctrico y consecuentemente originan la parada de la unidad de condensación.

El interruptor permanece abierto y no se deja que la unidad de condensación funcione hasta que la condición haya sido corregida o una vez que el condensador se haya enfriado y origine

que la presión de descarga disminuya considerablemente. La presión reducida causa que el diafragma o fuelles cierre el interruptor eléctrico e inicie la operación de la unidad de condensación

4.5 Presostato de baja presión.

La operación mecánica de un control de baja presión (seguridad) es la misma que cuando se hace uso de un interruptor "conectado-desconectado" parar y arrancar el sistema. El interruptor de baja presión interrumpe el funcionamiento del compresor a una presión de operación mínima determinada previamente. El control de seguridad protege contra:

- Relaciones de compresión extremosas.
- Congelación del evaporador.
- Entrada de aire y de vapor de agua que resulta de fugas o entradas por el lado de baja.

Una presión menor que la normal proporciona la forma de parar el compresor. Un interruptor sensible a la presión denominado "control de motor de presión" o "mecanismo de corte por baja presión" se conecta al lado de succión del compresor. Cuando el compresor lleva al sistema hasta la presión a la cual se encuentra ajustada la válvula, el control interrumpe la conexión y desexcita el arrancador magnético, con lo cual deja de funcionar el compresor.

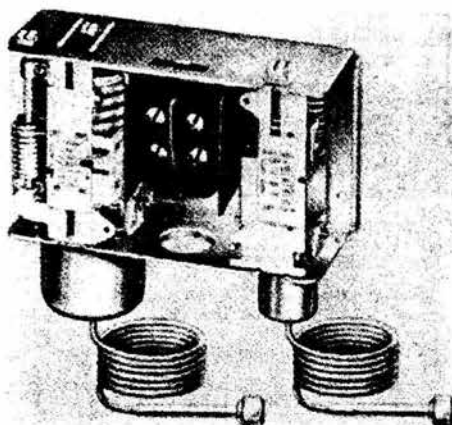


Figura 4.4. Presostato de baja presión.

El interruptor por baja presión generalmente corresponde a la mitad de una combinación de control de baja presión e interruptor de corte de seguridad por alta presión. Con propósitos de simplificación en este momento solo se considera el control simple.

4.6 Separador de aceite.

El objeto del separador de aceite es reducir la cantidad del mismo en circulación por el sistema y con ello aumentar la eficiencia. Todos los sistemas de refrigeración tienen algo de

aceite que pasa por ellos. En algunos casos la cantidad en circulación puede afectar las características de transferencia de calor del evaporador, crear falso accionamiento del flotador, o aun afectar la operación de la válvula de expansión. En esos casos, el separador de aceite puede mejorar la eficiencia del evaporador o reducir problemas con el flotador o la válvula reduciendo el aceite que circula dentro del sistema.

Los sistemas con tuberías mal dimensionadas o con trampas no regresan aceite al compresor con mucha frecuencia, y con ello crean problemas de lubricación de este. La inserción de un separador de aceite a esos sistemas no corregirá dichos problemas. Un separador no es 100% eficiente y deja pasar algo de aceite. La instalación de un separador de aceite en un sistema que tiene trampas tan sólo demorará el problema; en ningún caso lo resuelve.

El separador se instala normalmente en el tubo de descarga tan cerca del compresor como se pueda. El tubo de retorno de aceite va directamente al cárter. La construcción interna del separador varía mucho; sin embargo, su aspecto externo y su colocación en el sistema hacen que sea relativamente fácil su identificación.

Cuando se usa un separador de aceite se deben tener ciertas precauciones. Un separador frío condensa refrigerante gaseoso al estado líquido que, si se permite que regrese al cárter del compresor, puede dañarlo.

También se debe tener cuidado de mantener limpio el orificio del flotador, por que se puede obstruir con cualquier lado se pueda salir por la descarga del compresor. Si el flotador, se atorara estando abierto, pasaría gas caliente del cárter. Si se atorara estando cerrado, no regresaría aceite al compresor.

La forma más común para reducir el aceite en circulación y los problemas que éste conlleva dentro del sistema, es mediante el uso de un dispositivo auxiliar llamado separador de aceite. Su función principal es separar el aceite lubricante del gas refrigerante, y regresarlo al cárter del compresor antes que llegue a otros componentes del sistema.

El uso del separador de aceite en los sistemas de refrigeración se ha vuelto muy común. De hecho, es considerado por la mayoría de los ingenieros y técnicos, como artículo esencial en instalación de unidades de baja temperatura y unidades de aire acondicionado de hasta 150 tons.

La eficiencia global de un sistema mejora mucho donde se utiliza un separador de aceite, particularmente para las temperaturas comúnmente encontradas en los refrigeradores de autoservicios y supermercados, en las cuales se manejan temperaturas de evaporación de -35°C a -40°C . Igualmente esto es cierto en equipos industriales, de laboratorio y ambientales, que operan a -75°C y más bajos. Cabe notar que la mayoría de los fabricantes de compresores, requieren separadores de aceite en sus compresores de doble etapa.

Originalmente, el propósito del separador de aceite era mantener el nivel de aceite correcto en el cárter del compresor, pero este solo propósito ha quedado atrás, ya que se han encontrado otros beneficios al prevenir la circulación libre aun de pequeñas cantidades de aceite en el sistema.

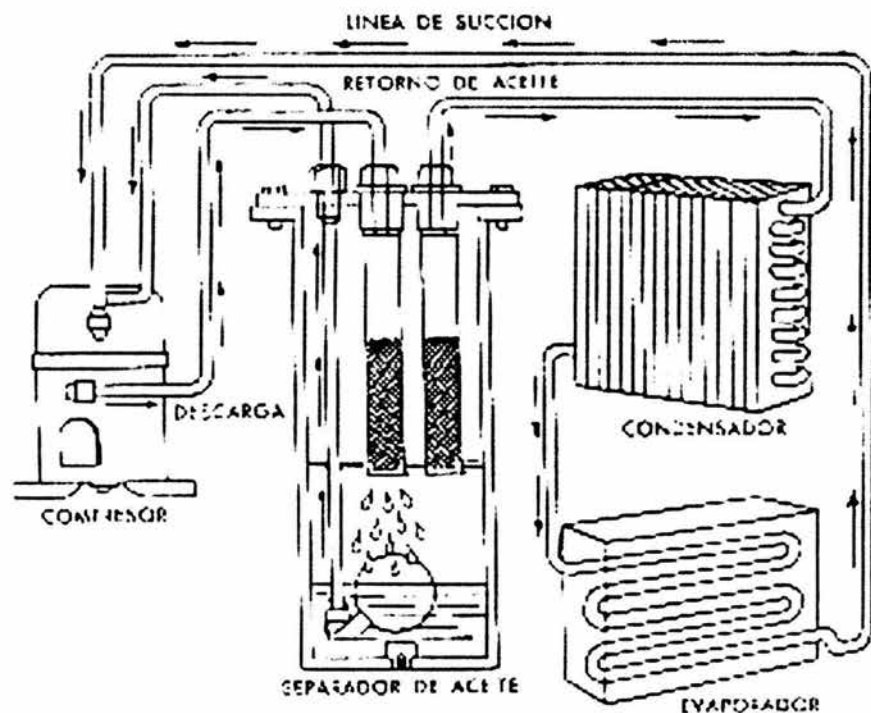


Figura 4.5. Colocación de un separador de aceite.

4.7 Condensador.

Los condensadores son esenciales ya que remueven el sobrecalentamiento del refrigerante para otro ciclo a través del sistema. Mientras que los condensadores más antiguos eran enfriados por agua, hoy día, con la escasez de agua, las unidades enfriadas por aire realizan gran parte del enfriamiento. El condensador es el punto final para evacuar el calor del sistema de refrigeración. Con el fin de efectuar una operación confiable y eficiente deben conocerse los que actualmente se utilizan. Son seis tipos:

1. El de concha y tubos.
2. Concha y serpentín.
3. Tubos dobles.
4. Atmosférico.
5. Evaporativo.
6. Enfriado por aire.

Toda la energía absorbida por el sistema de refrigeración más el calor equivalente de la energía mecánica requerida para ser funcionar el sistema debe eliminarse por el condensador.

Por cada 200 Btu/min absorbidos por el evaporador, hasta 300 Btu/ min deben ser disipados por el condensador.

Esto depende de las presiones de succión y descarga y del tipo de refrigerante. El sistema promedio se diseña para disipar 200 Btu/min por cada 200 Btu defecto de refrigeración. El condensador debe tener suficiente superficie de transmisión de calor para pasar el vapor alimentado al estado líquido. Esto se realiza a una presión y a una temperatura de operación razonables.

El condensador debe tener también suficiente volumen para almacenar el vapor bombeado por el compresor. Antes de condensarse, el vapor ocupa un volumen definido; éste puede disminuir al elevarse la presión, pero un aumento a la presión origina un incremento en la potencia necesaria para hacer funcionar el sistema. Si un condensador tiene suficiente superficie, normalmente tendrá también suficiente volumen.

Debe tenerse cuidado al seleccionar los condensadores con superficie con aletas. La superficie con aletas puede indicar bastante área para la disipación de calor sin proporcionar suficiente volumen. El condensador debe tener también espacio amplio para separar el líquido condensado del vapor y de drenarlo al receptor de líquido.

Capacidad del condensador.

La capacidad del condensador de transferencia de calor de un condensador depende de varios factores:

1. Superficie del condensador.
2. Diferencia de temperatura entre el medio enfriador y el gas refrigerante.
3. Velocidad del gas refrigerante en los tubos del condensador. En la gama de funcionamiento comercial normal, a mayor velocidad, mejor transferencia de calor y mayor capacidad.
4. Volumen del medio enfriante sobre o a través del condensador. La transferencia de calor aumenta con la velocidad tanto para el aire como para el agua, y, en el caso del aire, aumenta asimismo con la densidad.
5. El material con el que se ha construido el condensador. Puesto que la transferencia de calor es diferente en materiales distintos, los metales más eficaces aumentarán la capacidad.
6. Limpieza de la superficie de transferencia de calor. La suciedad, incrustación o corrosión, pueden reducir la transferencia de calor.

Temperatura de condensación.

La temperatura de condensación es la temperatura a la que el gas refrigerante se condensa para convertirse de vapor a líquido.

Para la condensación del vapor refrigerante que fluye en el condensador, el calor debe salir de este en la misma proporción de la que entra con el gas refrigerante. Como se ha mencionado anteriormente, el único modo de aumentar la capacidad del condensador, con una serie de

condiciones previamente establecidas, consiste en aumentar la diferencia de temperatura a través de sus paredes.

Considerando que un compresor recíprocante es una máquina de desplazamiento positivo, la presión en el condensador continuara aumentándose hasta que la diferencia de temperatura entre el medio de enfriamiento y la temperatura de condensación de refrigerante sea lo suficientemente elevada para que se produzca la transferencia de calor. Con un condensador grande esta diferencia de temperatura puede ser muy pequeña. Con un condensador pequeño o en el caso el flujo del aire o agua del condensador haya sido bloqueado la diferencia de temperatura sea muy elevada.

La temperatura de condensación y por consiguiente la presión de condensación, es determinada por la capacidad del condensador, la temperatura del medio de enfriamiento y el contenido de calor del gas refrigerante descargado del compresor, que a su vez es determinado por el volumen, densidad y temperatura del gas descargado.

4.8 Recibidor, receptor de líquidos ó depósito de líquidos.

Realmente es una trampa de líquido, que va conectada a la salida del condensador, en este momento el refrigerante que pase en forma de vapor, es atrapado, dejando pasar solamente en líquido.

Al pasar un buen rato por cuestiones de presión y de temperatura y de las propiedades de los refrigerantes, este se logra condensar en su totalidad y pasa como un líquido hacia los siguientes componentes.

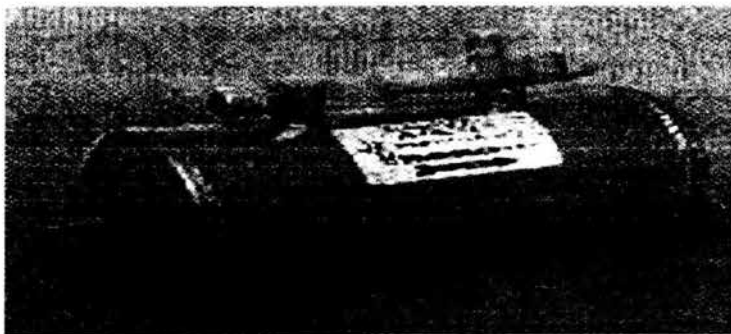


Figura 4.6. Recibidor de líquidos horizontal.

El condensador se conecta al depósito de líquido a través de su salida por la parte inferior. Dicho depósito que se construye generalmente de chapa de acero, puede ser horizontal o vertical, e ir colocado por consiguiente debajo del compresor en el primer caso o a un lado en el segundo.

Como su nombre lo indica, sirve de depósito de refrigerante que se condensa en el condensador, almacenándolo a fin de que pueda, desde ahí, suministrarse al evaporador o evaporadores a medida que estos lo requieran. La mayoría de estos depósitos van equipados con una válvula de paso, sin toma para los manómetros entre el depósito y el condensador, que sirve para evitar las pérdidas de gas cuando se tiene que desmontar el condensador o bien el mismo depósito para su reparación.

Hay otra válvula de paso (también sin toma manométrica) en la salida hacia la línea de líquido que va al evaporador, la cual lleva acoplado un tubo de sonda para la absorción del líquido desde el fondo del depósito.

Estos depósitos se emplean en los tipos de compresores con condensadores refrigerador por aire o por agua, en el modelo de contracorriente. En los condensadores de agua de tipo de inmersión o multitubulares el propio condensador hace las veces de depósito de líquido.

4.9 Mirillas e indicadores de humedad.

La mirilla es un sistema de refrigeración permite que el instalador o el técnico de servicio observen el estado del refrigerante en determinado punto. Consiste en una abertura en la tubería de líquido del sistema, cubierta con un vidrio. Con frecuencia se usa un vidrio a cada lado del tubo para asegurar la iluminación.



Indicación: Verde: Seco Verde Amarillo: Precaución Amarillo: Humedad.
--

Figura 4.7. Mirilla comercial.

Cuando el tubo está completamente lleno de refrigerante líquido, casi no hay obstrucción a través de la mirilla. Sin embargo, si hay algo de gas, se verá de inmediato en forma de burbujas que pasan por la mirilla. Se debe hacer notar que en una mirilla de este tipo también parecerá clara cuando sólo haya gas en ella.

A primera vista, el indicador de humedad puede parecer como una simple mirilla, lo cual es natural ya que el indicador es parte de la misma. Dentro del vidrio, pero expuesto al refrigerante líquido, se tiene un punto pequeño de color, este punto es el indicador de humedad. Tiene composición química especial que cambia de color dependiendo de la cantidad de humedad en el refrigerante. Cuando la cantidad de humedad está dentro de los límites establecidos por el fabricante, el punto será de un color. Sin embargo, si hay

demasiada humedad, cambia el color del punto. El indicador no es exacto, a menos que esté completamente lleno de refrigerante líquido.

Definición de indicador de humedad.

El indicador de líquido y humedad es un accesorio ampliamente utilizado en los sistemas de refrigeración, principalmente en refrigeración comercial y aire acondicionado. Es un dispositivo de metal con una mirilla de vidrio, que permite observar la condición del refrigerante. Anteriormente, se utilizaba como indicador de líquido únicamente, una simple mirilla.

Posteriormente, surgió la idea de aprovechar esa ventana al interior para indicar humedad, y en la actualidad, todos los fabricantes lo hacen con ese doble propósito en el refrigerante, el cual puede ser nocivo para el dispositivo de expansión y al sistema completo.

La otra función, es observar a través del cristal el paso de refrigerante, el cual debe estar totalmente líquido.

Indicación de la humedad.

Para realizar la primer función, o sea, indicación de humedad, cuentan con un elemento indicador. Este elemento censor de humedad, consiste generalmente de un papel filtro poroso, impregnado con una sal anhidra de cobalto. Esta sal es única, en que tiene la capacidad de cambiar de color en presencia o ausencia de pequeñas cantidades de humedad. Este elemento está protegido contra aceite, lodo y suciedad, para que no pierda su propiedad; sin embargo, un exceso de humedad "libre" o una temperatura alta, pueden decolorarlo o dañarlo permanentemente.

También, un exceso de aceite en el sistema, puede cambiar el color del elemento al color del aceite. El elemento indicador está calibrado para que cambie de color, de acuerdo con lo que se consideran niveles seguros o inseguros de humedad.

Como ya sabemos, los niveles de seguridad de humedad varían con cada tipo de refrigerante, y por lo tanto, los puntos de cambio de color en el indicador de humedad, también varían con cada refrigerante. Es importante mencionar que todos los indicadores de humedad operan sobre el principio de saturación relativa, por lo tanto, debe considerarse la temperatura del refrigerante al evaluar el color del elemento indicador.

Es obvio también, que el indicador de humedad sólo muestra si un sistema contiene más o menos de cierta cantidad de humedad. "Qué tanta menos", no importa, puesto que el sistema está seguro. "Cuanta más", tampoco lo muestra el indicador, sólo que el sistema está húmedo o inseguro y se deben seguir los pasos para remover el exceso de humedad. El elemento indicador de humedad debe tener la característica de reversibilidad de color, es decir, que marque "húmedo" cuando haya humedad, y que retorne a "seco" al eliminar la humedad.

Esta capacidad debe operar cuantas veces sea necesario, y con la mayoría de los refrigerantes halogenados. Hay algunas marcas de indicadores de líquido y humedad, cuyos elementos indicadores no lo son en realidad, y sólo colocan un papel de color para competir en el

mercado. Algunos fabricantes emplean dos elementos indicadores, uno para refrigerante R-12 y otro para el R-22. Un indicador de líquido y humedad, es en realidad, la herramienta de mantenimiento preventivo más barata, que se puede instalar en el sistema de manera permanente.

El indicador de líquido y humedad elimina la incertidumbre, de que el contenido de humedad del sistema pueda estar abajo de un nivel seguro, o lo suficientemente alto para causar problemas. También indica si falta refrigerante al sistema, o si hay alguna caída de presión en la línea de líquido.

Funcionamiento del indicador de humedad.

La función más importante de un indicador de líquido y humedad, es revelar la presencia de exceso de humedad

Cuando se adquieren nuevos, los indicadores de líquido y humedad siempre van a indicar "húmedo", pero esto es normal. Una vez instalados en el sistema y puestos en operación, los elementos indicarán la condición correcta del refrigerante. Toma aproximadamente una hora para obtener una lectura confiable, pero es hasta después de 8 a 10 horas cuando se estabiliza y muestra el color con más precisión.

4.10 Filtro deshidratador o colador-secador.

Ya se han descrito los peligros de la humedad dentro de un sistema de refrigeración. Tan sólo repetiremos que no debe haber nada de humedad, en especial en aquellos sistemas que usan refrigerantes hidrocarburos halogenados. Sin embargo, si entra humedad al sistema de refrigeración, se debe eliminar. Un método de eliminar es el empleo del colador-secador.

Este accesorio consiste en un cascarón a través del que pasa el refrigerante líquido. Dentro del cascaron se encuentra un material que se llama desecante, o desecador. Al pasar el refrigerante cargado de humedad por el secador se elimina más la humedad hasta que el refrigerante está suficientemente seco, o hasta que el secador haya alcanzado su capacidad de saturación de humedad. Cuando esto sucede, se debe remplazar el secador. El colador-secador también efectúan una segunda función, al filtrar y detener cualquier partícula sólida en el refrigerante líquido que pasa. Esas partículas las filtra el núcleo del desecador.

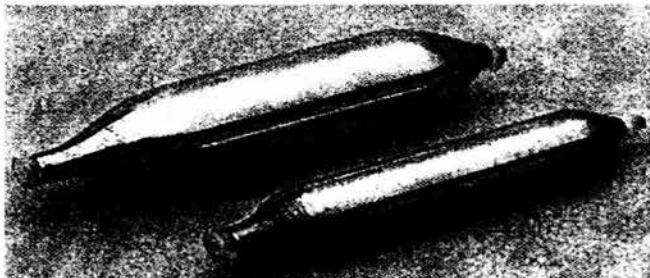


Figura 4.8. Filtro deshidratador doméstico.

El colador-secador se encuentra casi siempre en el tubo de líquido del sistema de refrigeración. Debido a que el volumen del líquido es mucho menor que el del gas, se puede usar un secador más pequeño. Esto, desde luego, resulta en menor costo. También, el dispositivo de medición queda protegido contra partículas sólidas cuando el colador está en ese lugar. Se debe hacer resaltar dos hechos importantes concernientes a los secadores. El primero es que se deben remplazar cuando el agente secador está saturado. El segundo es que ocasionan algo de caída de presión; por lo tanto, se deben dimensionar en forma correcta para evitar demasiada caída de presión, con la evaporación instantánea resultante.

Sellado para línea de aceite.

Aplicación.

El filtro deshidratador OFD-553 Alco-Valycontrol, ha sido diseñado especialmente para los sistemas de refrigeración con aceite POE como un excelente auxiliar para la descontaminación del sistema y protección del compresor.

El OFD-553 es ideal para sistemas de refrigeración en paralelo y se puede instalar también a cualquier sistema de refrigeración simple que cuente con línea de retorno de aceite al compresor.

Es adecuado para todo tipo de sistemas de refrigeración con los refrigerantes R-12, R-22, R-134a, R-404A/507, mezclas y aceites POE, alquilbenceno y mineral.

Características.

- Diseñado para limpieza y deshidratado de aceite POE.
- Compatible con los refrigerantes y aceites comerciales, tradicionales y nuevos.
- Conexión flare de 3/8".
- Filtros con capacidad de retención de partículas de 10 micrones.
- Gran área de filtración para permitir la mínima caída de presión.
- Desecante 100% molecular para muy alta retención de humedad.

El aceite poliolester (POE) es de naturaleza altamente higroscópica, lo que significa que tiene una extraordinaria avidez de absorber humedad rápidamente. La humedad produce grandes daños al sistema de refrigeración principalmente por la generación de acidez; además, la contaminación se acumula en gran medida en el aceite.

El OFD-553 tiene una extraordinaria capacidad de retención de humedad y suciedad debido al tipo de desecante y al tipo de filtros que contiene. Si el filtro deshidratador OFD-553 para aceite, tiene tan grande capacidad de secado y filtrado para los sistemas con aceite POE, imagine lo que podrá hacer con su sistema que usa refrigerantes y aceites tradicionales.

4.11 Cambiadores e intercambiador de calor.

El cambiador de calor es un dispositivo que se usa para pasar calor del refrigerante líquido al gas de succión. El cambiador de calor tiene dos objetos principales. El primero es reducir la

temperatura o subenfriar el refrigerante líquido que va del condensador al dispositivo de medición. Esta reducción de temperatura es necesaria en sistemas que tiene grandes caídas de presión, para evitar la evaporación en el tubo de líquido. Estas caídas de presión se pueden originar por ser demasiado largas las tuberías, o prolongadas las subidas del tubo.

El segundo objeto del cambiador es asegurar que esté seco el gas de succión que va al compresor. En los sistemas que tienen fluctuaciones rápidas de la carga, no es raro encontrar que el líquido se escurra desde el evaporador. El cambiador de calor permite ajustes menores de sobrecalentamiento, por que algo de arrastre líquido no necesariamente es peligroso.

El cambiador de calor de tubo triple muestra el principio de intercambio. Es un dispositivo a contracorriente en el que el líquido tibio entra al lado derecho y el gas húmedo o frío por la izquierda. Como el líquido se encuentra a una temperatura mayor que la del gas, el calor saldrá del líquido y pasará al gas.

Con ello se subenfriará el líquido y se reduce la evaporación instantánea, al mismo tiempo que se sobrecalienta el gas para evitar la inundación. Hay otros tipos de cambiadores de calor, como el de tubo doble y el de envolvente y tubos.

El lugar del cambiador depende del uso que se le dé. Si el cambiador se usa con objeto de subenfriar el líquido, se instala tan cerca del condensador como lo permita la tubería. Un cambiador de calor que se use como protección contra los golpes de líquido se debe instalar en el tubo de succión bastante cerca del evaporador. Como los tubos tanto de líquido como de succión se deben llevar al cambiador de calor, la distribución del equipo puede tener más efecto sobre la posición del cambiador que los otros dos factores.

Intercambiadores de calor.

Una buena forma de aumentar la temperatura del aceite que sale del evaporador, es instalando en la línea de succión un intercambiador de calor, utilizando el refrigerante de la línea de líquido. De esta manera, el refrigerante líquido que va a la válvula de termo expansión, calienta el vapor y el aceite de la línea de succión. Con esto se consigue aumentar el sobrecalentamiento del vapor y evitar que llegue refrigerante líquido al compresor. También, al aumentar la temperatura del aceite, éste se vuelve menos denso y fluye más fácilmente.

A su vez, el refrigerante líquido se subenfriará antes de llegar a la válvula de termo expansión, aumentando el efecto de refrigeración en el evaporador. Sin embargo, el objetivo principal de este intercambiador de calor no es calentar el aceite, sino intercambiar el calor entre el refrigerante líquido y el gas de succión, por lo que la presencia del aceite reduce la eficiencia del intercambiador.

4.12 Válvula solenoide.

La válvula solenoide funciona eléctricamente. Tiene campo electromagnético para levantar una válvula piloto. La presión de gas levanta la válvula principal permitiendo que fluya. El flujo seguirá hasta que la válvula piloto no salga de su asiento.

Puede utilizarse con líquidos, con vapores o gases a alta presión. En la unidad condensadora, se puede emplear en una válvula de línea líquida de bombeo descendente o en una válvula de contragolpe. Si se usa en una válvula de bombeo descendente, la unidad debe tener un control de baja presión para detener el funcionamiento del compresor. Para usarla como válvula de contragolpe, se alambra la válvula para que cierre tan pronto como se detenga el compresor.

Así se evita que se derrame en el compresor cualquier líquido que se halle en la línea vertical. Cuando se monta una válvula solenoide, es aconsejable orientarla para que funcione en un plano vertical. Existen muchos otros componentes que se emplean en unidades condensadoras de equipo comercial e industrial. La válvula solenoide es de interrupción, de funcionamiento eléctrico.

El lector se ha familiarizado con la válvula de detención manejada manualmente, como las de entrada, las de esfera y las válvulas King. Todas ellas necesitan fuerza manual para funcionar. La solenoide funciona con energía electromagnética. Estas válvulas están diseñadas para utilizarse con líquidos o gases. Las bobinas que manejan la válvula piloto se fabrican con muchos voltajes. Las que se emplean más comúnmente son de 24 voltios de D.C -120 o 240 V. A. C. Aun cuando las válvulas se diseñan para funcionar en cualquier posición de instalación, se sugiere que no se monten hasta tener flujo horizontal. También hay válvulas que están diseñadas para ser direccionales; esto se muestra con una flecha de flujo en el armazón e la válvula.

Una pequeña válvula piloto se opera con fuerza magnética que se aplica para levantarla de su asiento. Luego el diafragma de la válvula recibe una presión proveniente de lo que fluya a través de ella. Las válvulas solenoides están diseñadas para abosinarse o soldarse en el circuito. Si se suelda solenoide en un sistema, téngase el cuidado de desmontarla antes de aplicarle calor.

El cuerpo debe tener también un trapo húmedo u otro tipo de amortiguador térmico que se absorba el calor excedente para que el cuerpo de la válvula no se deforme ni haga inconsistente el funcionamiento. Otro factor importante de las válvulas solenoides, es la posibilidad de instalarlas con un artefacto de apertura manual.

En los casos en que se vaya a utilizar una solenoide para una válvula de línea líquida de retrobombeo, se debe emplear una solenoide con una válvula de apertura manual.

En el caso de un sistema de refrigeración o de aire acondicionado comercial, si falla la bobina de retención o si se produce un problema en el circuito de control, la válvula puede abrirse manualmente, lo cual permitirá que la unidad funcione mientras se asegura otra bobina o se diagnostica y se corrige el problema.

Este tipo de válvula puede utilizarse en muchas aplicaciones: se utiliza para descongelar los evaporadores mediante el uso de gas caliente; se emplea para retrobombear una unidad haciendo que cierre con el interruptor de control de baja presión; puede utilizarse para cerrar el agua. La lista puede continuar indefinidamente, si se está diseñando algo que requiera de una válvula de funcionamiento eléctrico examínense las especificaciones de la válvula solenoide.

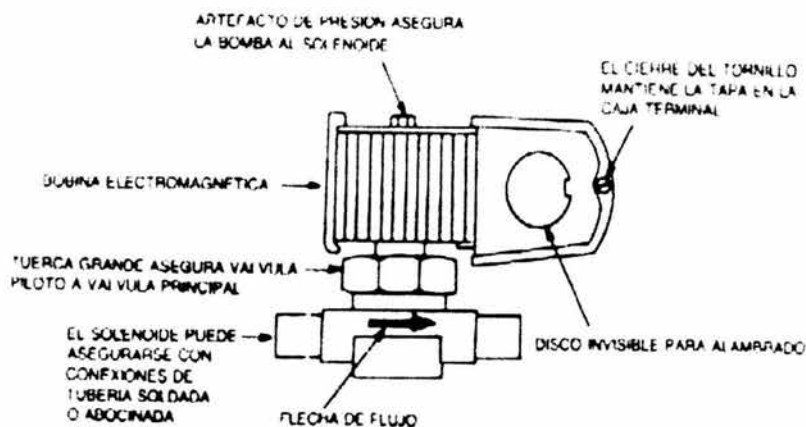


Figura 4.9. Diagrama esquemático de una válvula solenoide.

4.13 Válvula de expansión termostática.

“Expansión” es el término con que generalmente en la industria, se designa cualquier dispositivo que dosifique o regule el flujo de refrigerante líquido hacia un evaporador. Tiene dos propósitos:

1. Reducir la presión del refrigerante líquido.
2. Regula el flujo de refrigerante hacia el evaporador. Por esta razón divide los lados de alta y de baja presión de sistema.

Hay 6 tipos básicos de control de flujo.

- 1) Tubos capilares.
- 2) Válvulas manuales de expansión.
- 3) Válvulas automáticas de expansión.
- 4) Válvulas de expansión termostática.
- 5) Flotadores del lado de baja.
- 6) Flotadores del lado de alta.

La válvula de expansión termostática, es básicamente una válvula automática de expansión, con el agregado de un dispositivo para corregir la velocidad de alimentación de la válvula, de manera que corresponda a la carga en el evaporador.

Independientemente del tipo de control de flujo, las funciones básicas son: controlar el suministro de refrigerante al evaporador proporcionando la cantidad necesaria de acuerdo a la carga térmica, atomizar el refrigerante para crear una mayor área de transmisión de calor y separar el lado de baja presión para llevar a cabo la evaporación y el lado de alta presión que se lleve a cabo la condensación.

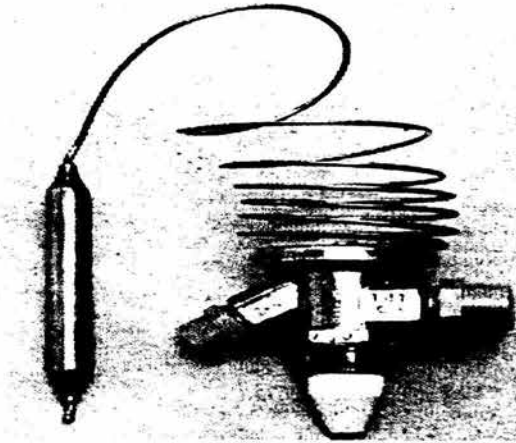


Figura 4.10 Válvula de expansión termostática con igualador interno.

Las válvulas termostáticas de expansión con igualador de presión interno VT y con igualador de presión interno TA, son fabricados en México con la alta tecnología alemana y con los materiales de la mas alta calidad que se conocen, obteniendo con ello la mejor válvula de expiación termostática que se produce en el país.

El montaje y la innatación de la válvula termostática es absolutamente normal por lo que debe hacerse con buen cuidado, que no haya humedad, que este limpio el sistema, por o que se debe instalar un filtro deshidratador antes de la válvula para evitar que pasen por ella, residuos de humedad, rebabas, impurezas. Es muy importante de cerciorarse de un perfecto contacto entre el bulbo censor y el tubo de succión y sujetar firmemente el bulbo censor, de tal forma que este quede bien aislado para evitar que otra temperatura, distinta a la del tubo de succión influya en el funcionamiento.

Las válvulas de expansión termostáticas, pueden ser instaladas en cualquier oposición ,aunque recomendamos la oposición vertical. están argados con diferentes cargas en los bulbos , para refrigerante 12,22 y 502 y por ello es importante especificar claramente con que refrigerante se va instalar.

Las válvulas son calibradas de fabrica a 4°C de sobrecalentamiento y 0°C de temperatura de bulbo censor y queda constante para el todo el rango de la válvula. Para diferentes sobrecalentamientos , una vuelta en el vástago del regulador cambia el sobrecalentamiento aprox.0.2 kilogramos sobre centímetro cuadrado.

4.14 Difusor.

Dentro del ciclo de refrigeración normal, al intercambiador de calor que absorbe el calor se le conoce como evaporador. Ahora bien, dentro de la refrigeración comercial e industrial estos cambian de nombre, se les conoce como difusor. Esto se debe a que el evaporador viene equipado con un ventilador para hacer un enfriamiento uniforme en todo el espacio a enfriar.

En forma general tenemos tres tipos de difusores:

- De baja temperatura ($-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- De temperatura media ($-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $2\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- De temperatura alta ($2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $10\text{ }^{\circ}\text{C}$)

Difusores de baja temperatura.

Aplicaciones:

Son ideales para cámaras de congelación, de congelamiento rápido (BLAST FREEZER), y de conservación de congelados.

Características.

- Cada unidad contiene un termostato ajustable para la terminación de deshielo con retardador del ventilador.
- El ciclo de deshielo es iniciado por tiempo y terminado por temperatura.
- El gabinete esta fabricado con aluminio estuco de alta calidad y resistencia a la corrosión, es compacto y permite que la válvula de expansión sea instalada en su interior.
- La charola de deshielo es abatible lo que permite el acceso a los motores facilitando su mantenimiento.
- El serpentín esta fabricado con tubos de cobre dispuestos escalonadamente para proveer la máxima eficiencia, son expandidos mecánicamente a las aletas corrugadas de aluminio.
- El motor eléctrico trifásico jaula de ardilla de 220 Volts, montado sobre una base de lamina galvanizada al cuerpo del difusor.
- Todas las unidades son alambradas de fábrica y presentan un block de terminales en el compartimiento opuesto a las conexiones del refrigerante.
- Los ventiladores se encuentran montados atrás de la rejilla direccional, el aspa es balaceado estáticamente y alineada al centro del venturi.

Difusores de temperatura media.

Aplicaciones:

Son ideales para trabajar en cuartos fríos, cámaras de frigoríficas y almacenes de refrigerados.

Características.

- Cada unidad contiene un termostato ajustable para la terminación de deshielo con retardador del ventilador.
- El ciclo de deshielo es iniciado por tiempo y terminado por temperatura.

- El gabinete esta fabricado con aluminio estuco de alta calidad y resistencia a la corrosión, es compacto y permite que la válvula de expansión sea instalada en su interior.
- La charola de deshielo es abatible lo que permite el acceso a los motores facilitando su mantenimiento.
- El serpentín esta fabricado con tubos de cobre dispuestos escalonadamente para proveer la máxima eficiencia, son expandidos mecánicamente a las aletas corrugadas de aluminio.
- El motor eléctrico trifásico jaula de ardilla de 220 Volts, montado sobre una base de lamina galvanizada al cuerpo del difusor.
- Todas las unidades son alambradas de fábrica y presentan un block de terminales en el compartimiento opuesto a las conexiones del refrigerante.
- Los ventiladores se encuentran montados atrás de la rejilla direccional, el aspa es balaceado estáticamente y alineada al centro del venturi.

Difusores de temperatura alta.

Aplicaciones:

Son ideales para cámaras de conservación en donde la altura del techo es limitada, cuartos fríos con un alto grado de humedad, que requieren temperaturas arriba de los 2 °C, tales como conservadores de carne, verduras lácteos flores y frutas.

Características.

- El gabinete esta fabricado con aluminio estuco de alta calidad y resistencia a la corrosión, es compacto y permite que la válvula de expansión sea instalada en su interior.
- El serpentín esta fabricado con tubos de cobre dispuestos escalonadamente para proveer la máxima eficiencia, son expandidos mecánicamente a las aletas corrugadas de aluminio.
- El motor eléctrico trifásico jaula de ardilla de 220 Volts, montado sobre una base de lamina galvanizada al cuerpo del difusor.
- Todas las unidades son alambradas de fábrica y presentan un block de terminales en el compartimiento opuesto a las conexiones del refrigerante.
- Los ventiladores se encuentran montados atrás de la rejilla direccional, el aspa es balaceado estáticamente y alineada al centro del venturi.
- Cuentan con guardas topicalizadas y pintadas con polvo horneado para tener una alta resistencia a la corrosión.

4.15 Acumulador se succión.

El acumulador de succión es un dispositivo sencillo que efectúa una función muy útil. En algunos evaporadores, la acción del dispositivo de medición no es la suficiente rápida como para seguir el paso a los cambios de carga. También, los tubos capilares no están diseñados para cerrar a cargas ligeras del evaporador.

En ambos casos, algo de líquido sale a veces del evaporador, por el tubo de succión. Este líquido podría dañar al compresor, el acumulador de succión no es más que una trampa para atrapar este líquido antes que pueda alcanzar al compresor.

Este líquido sobrante se hierva o evapora en la trampa y regresa al compresor en estado gaseoso.

A veces las limitaciones de espacio determinan que se use todo el evaporador para hervir líquido. Si es así, el acumulador de succión se puede usar con ventaja, por que permite el uso completo del evaporador sin temor de pasar líquido al compresor.

Su construcción no es complicada, consiste en un recipiente para reunir y evaporar refrigerante líquido. El empleo de la tubería de líquido para obtener calor y evaporarlo, o el tubo de regreso de aceite, son particularidades opcionales.

El acumulador de succión se encuentra, por lo general, bastante cercano al evaporador de donde proviene el líquido. A veces se puede encontrar en el tubo principal de succión en un sistema de varios evaporadores, y con ello protege contra golpes de líquido procedentes de todos los evaporadores.

El acumulador de succión debe tener las dimensiones correctas, porque de lo contrario se puede llenar de líquido y originar daños al compresor. También debe haber medios de retorno de aceite; esto es esencial, ya que es una trampa natural de aceite. El acumulador de succión se usa principalmente en el equipo de paquete que tenga tubo capilar.

Instalación de un acumulador de succión.

1. Utilice los Acumuladores de Succión solamente dentro de las condiciones recomendadas.
2. Ubique el Acumulador de Succión tan cerca del compresor como sea posible.
3. En sistemas de ciclo reversible, el Acumulador de Succión debe ser instalado entre la válvula reversible y el compresor.
4. Debe observarse la entrada (del evaporador) y la salida(al compresor) apropiados.
5. El Acumulador de Succión debe ser instalado verticalmente.
6. Asegurarse de conectarlo en relación a sus conexiones de entrada y salida. No al revés.
7. Fijarlo mecánicamente por medio de su tornillo fijo de anclaje.
8. Asegurarse de que las entradas del acumulador sean del tipo soldable.
9. Asegurarse de que la soldadura sea la adecuada.

4.16 Termostato.

Los controles automáticos de temperatura que se utiliza en los sistemas de refrigeración, actúan sobre una base termostática, es decir, cada función que desempeña el control automático es con base de la temperatura del recinto en que se desea regular. Es por esto comúnmente se conoce como termostato. Los termostatos operan por medio de una serie de láminas y resortes que interactúan entre sí para lograr la separación de un par de botones de

un material metálico denominado platino, en virtud del material el cual sé generalmente se fabrican.

Los termostatos constan de un tubo capilar, el cual se encuentran sellado en su extremo más lejano. El capilar de los termostatos varia en su longitud que puede ser de 800 a 1200 milímetros de .80 a 1.20 metros y se encuentra lleno de gas, del mismo tipo que se utiliza como refrigerante, en el cual por medio de la dilatación y contracción de la temperatura externa a la que se encuentra expuesta. El extremo interno del termostato se encuentra rematando por una especie de membrana flexible denominada fuelle, que es la que se mueve por la acción interna del gas alojado en el capilar.

Por ejemplo, cuando se enciende manualmente el control de automático temperatura para que el refrigerante comience a funcionar, el evaporador se encuentra a temperatura ambiente por que el sistema de refrigeración se detuvo, el gas 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 fuelle impulsa una pequeña muelle que se encuentra en el interior del control, que lanza instantáneamente el platino inferior hacia arriba y lo pone en contacto con otro platino, por lo que se cierre el circuito y la corriente circula libremente a través de las conexiones del control automático de temperatura, lo que se pone en marcha al compresor para comenzar el ciclo de refrigeración.

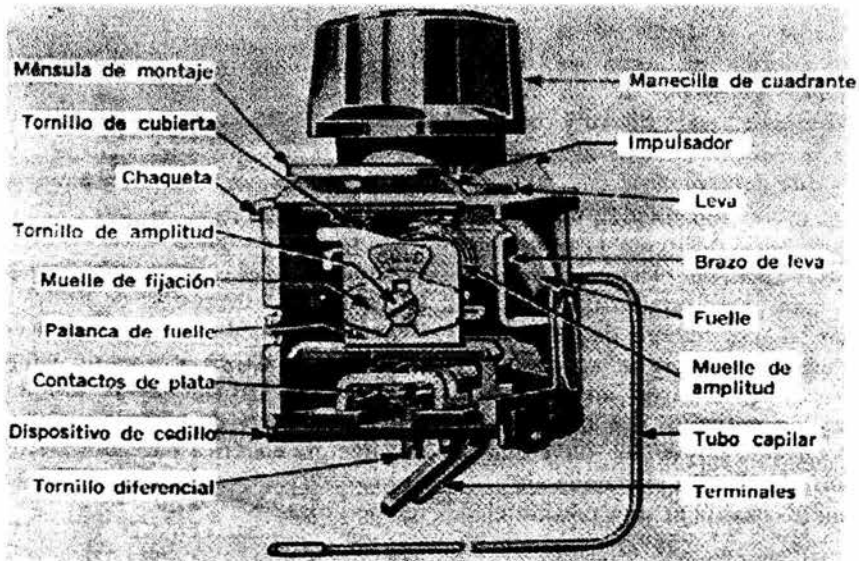


Figura 4.11 Partes principales de un termostato.

Cuando el evaporador alcanza una temperatura intermedia de congelación, las moléculas del gas que se encuentran en el interior del bulbo del control se contraen y la presión del fuelle sobre la muelle de los platinos decrece, por lo que el resorte que se halla entre el espacio de

los platinos superan la fuerza del muelle y los separa, y a esto que la corriente circula a través de las terminales del control que se suspenden y el compresor se detiene.

En pruebas realizadas en la Ciudad de México que se encuentra a 2200 metros del nivel de mar se encontró que un sistema de refrigeración en óptimas condiciones produce un máximo de 32.4 °C después de algún tiempo de funcionamiento. Al tomar como referencias pruebas realizadas en cinco distintos tipos de sistemas de refrigeración y de compresores, todos aquellos funcionan con un freón 12, no rebasaron en temperatura aun cuando se dejen operando más tiempo.

4.17 Otras válvulas.

Válvulas reguladoras de presión del cárter.

Este tipo de válvula, llamada comúnmente válvula CPR, o válvula restrictora, limita la presión de succión en el compresor a un límite previamente establecido con el fin de evitar que previamente establecido con el fin de evitar que se produzca una sobrecarga del motor de compresor.

El ajuste de la válvula se efectúa mediante un resorte de presión, y la modulación de la válvula va: desde totalmente abierta hasta totalmente cerrada como respuestas a la presión de salida, cerrándose al elevarse ésta. La válvula reguladora de la presión del cárter debe situarse en la línea de succión, entre el evaporador y el compresor.

Dado que la exigencia de energía del compresor baja con una caída de la presión de succión, la válvula CPR se utiliza normalmente para evitar la sobrecarga del motor en unidades de baja temperatura durante los ciclos de arranque, de enfriamiento inicial y de descongelación.

El empleo de la válvula permite la aplicación de un compresor de mayor desplazamiento sin que se produzca sobrecarga en un motor de determinada capacidad, sin embargo, la caída de presión a través de la válvula puede producir una pérdida inaceptable de la capacidad del sistema, a menos que la válvula se seleccione adecuadamente.

Válvula reguladora de la presión del evaporador.

Con el fin de controlar la temperatura de evaporación se utiliza, frecuentemente, una válvula reguladora de la presión del evaporador en los sistemas con varios evaporadores que funcionan a distintas temperaturas, o en sistemas en donde la temperatura de evaporación no puede bajar de la de diseño.

Esta válvula, comúnmente llamada válvula EPR, actúa en forma similar al regulador de presión del cárter a excepción de que ésta responde a la presión de entrada. Esta válvula debe colocarse en la línea de succión a la salida del evaporador.

Una válvula EPR tiene una modulación de: totalmente abierta o totalmente cerrada; se cierra cuando la presión de entrada disminuye y su única función consiste en evitar que la presión

del evaporador desciende de un valor previamente determinado para el que ha sido calibrado el regulador.

Válvula desviadora de gas caliente.

Las válvulas desviadoras de gas caliente se utilizan cuando se requiere modular la capacidad del compresor y al mismo tiempo evitan que la presión de succión descienda a niveles bajos que son inconvenientes.

Estas válvulas actúan de igual manera que los reguladores de presión del cárter, puesto que responden a la presión de salida. Pueden modularse totalmente abiertas a totalmente cerradas y se abren en respuesta a una disminución en la presión de salida. La construcción debe ser apropiada para que resista la elevada temperatura del gas de descarga procedente del compresor.

Las válvulas de gas caliente se ajustan para mantener una presión mínima deseada mediante la tensión de un resorte, y pueden ser accionadas directamente o a través de un piloto.

Estas están normalmente equipadas con una conexión externa igualadora que actúa del mismo modo que un igualador externo de una válvula de expansión, para compensar las caídas de presión en las líneas. El igualador externo debe conectarse a la línea de succión, en el punto en donde se desea controlar la presión de succión.

Válvulas de una sola dirección.

Frecuentemente se desea evitar que el refrigerante invierta la dirección de flujo durante la interrupción del ciclo de funcionamiento. Una simple válvula operada por resorte, permite el flujo únicamente en una dirección, y se cierra si las presiones son tales que pudiera producirse una inversión del flujo. Las válvulas de la retención pueden utilizarse en líneas de líquido o de gas y se usan frecuentemente para evitar el retroceso de líquido refrigerante o de gas en condensadores controlados para ambiente frío, y en bombas de calor de ciclo inverso.

Las válvulas de retención utilizadas en los sistemas de refrigeración deben ser operadas por resorte para evitar el ruido y las vibraciones que pueden ser producidas por pulsaciones en el flujo de refrigerante.

Válvulas de paso manuales.

Las válvulas de paso manuales se utilizan con frecuencia de modo que pueden aislarse partes del sistema de refrigeración para reparaciones o mantenimiento. Para evitar fugas se requieren válvulas especiales diseñadas para utilizarse en refrigeración. Las válvulas de paso manuales se utilizan con frecuencia de modo que pueden aislarse partes del sistema de refrigeración para reparaciones o mantenimiento. Para evitar fugas se requieren válvulas especiales diseñadas para utilizarse en refrigeración.

Los medidores de presión y las válvulas se deben instalar antes de iniciar las operaciones de servicio y de carga. Las válvulas de la línea permiten aislar cualquier parte de un sistema que,

en una conexión múltiple, separar un sistema del resto. Después de la operación de bombeo se pueden cerrar las válvulas. Esto confina el refrigerante en el condensador o en el recibidor, para poder prestar servicio a otras partes del sistema sin pérdida de refrigerante o en los casos en que se para el sistema durante el invierno.

El diseño de las válvulas de cierre manual proporciona protección contra escapes. Dos métodos comunes que se emplean para llevar a cabo esta labor incluyen (1) empaquetadura o (2) el uso de un diafragma de metal. Muchas de estas válvulas también están diseñadas con una construcción de asiento trasero. Cuando una válvula empaquetada está completamente abierta, el lado opuesto del asiento de la válvula cierra contra un segundo asiento en el cuerpo de la misma. Esto evita que escape el refrigerante por al empaquetadura del vástago de la válvula o por la lumbrera del asiento trasero.

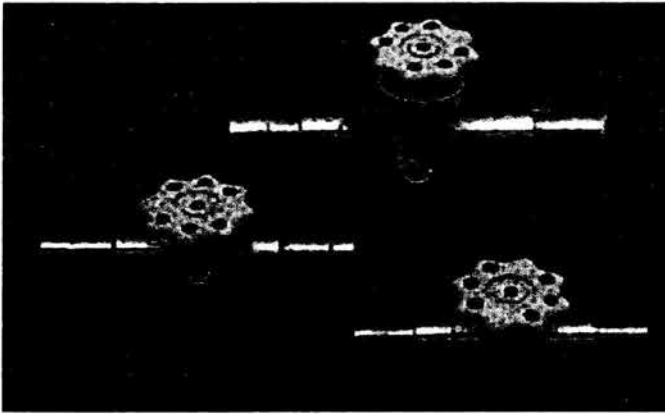


Figura 4.12. Válvula de paso manual.

El segundo método implica el diseño y construcción de un diafragma metálico flexible en el cuerpo de la válvula. Estas válvulas no están equipadas con una lumbrera con asiento trasero.

Válvulas de servicio del compresor.

Las válvulas de servicio de succión y de descarga del compresor son válvulas de cierre con un vástago accionado manualmente. La mayoría de las válvulas de servicio están equipadas con una conexión para manómetro de modo que la presión de funcionamiento del refrigerante pueda observarse.

Cuando la válvula se asienta en la parte posterior (el vástago girado hasta el tope hacia afuera) la conexión del manómetro comunicándose con el compresor y se cierra la conexión de la línea. Para comprobar la presión mientras el compresor está en funcionamiento, la válvula debe estar asentada en la parte posterior y a continuación debe dársele uno o dos vueltas para abrir ligeramente la conexión al manómetro. El compresor está siempre abierto o bien a la línea o a la conexión del manómetro; o ambos si la válvula se encuentra en una posición intermedia.

Válvulas tipo Schader.

La válvula tipo Schader, de reciente creación, sirve para la comprobación de la presión del sistema en donde no resulta económico, o posible el empleo de las válvulas de servicio del compresor con conexión para manómetro.

Esta válvula utiliza al principio y tiene el aspecto de las válvulas de aire usadas en las llantas de automóvil o bicicleta. Estas deben tener un tapón para asegurar un funcionamiento a prueba de fugas. Este tipo de válvula facilita la comprobación de la presión del sistema y permite cargar refrigerante sin alterar en funcionamiento de la unidad. Es necesario un adaptador para el indicador de presión estándar del mecánico o una conexión de tubo flexible para acoplar la válvula de tipo Schader.

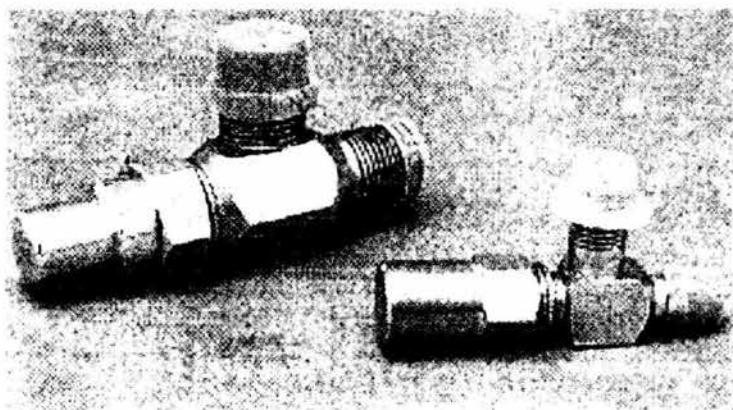


Figura 4.13 Válvula de servicio comercial.

Válvulas reguladoras de agua.

En los condensadores enfriados por agua se utiliza normalmente una válvula reguladora de flujo para controlar la presión de condensación dentro de límites razonables. Las válvulas de agua pueden funcionar ya sea por presión o por temperatura y actúan estrangulando el flujo según sea necesario.

La válvula de agua está diseñada para controlar la presión diferencial a través del flujo de la misma cuando el condensador es enfriado por agua. El gas del condensador entra a la válvula en la parte inferior y ejerce una presión sobre el fuelle. Cuando la presión aumenta, abre la válvula para permitir que fluya más agua. Cuando la presión disminuye se contrae el fuelle, y cierra la válvula. Se ajustan el flujo y la presión correctos en el condensador haciendo variar la tensión del resorte en la cabeza de la válvula.

CAPITULO 5

"CIRCUITOS ELÉCTRICOS DE LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS"

Al hablar de los circuitos eléctricos se debe de tener como base los conceptos básicos de electricidad, así como de los principales circuitos: serie, paralelo y mixtos.

En el capítulo anterior se hizo una tabla donde se mencionaron los componentes eléctricos que se proponen usar para el módulo didáctico propuesto. A continuación retomaremos dicha tabla para empezar con nuestro análisis.

Componentes mecánicos.
1. Compresor.
2. Silenciadores.
3. Manómetros.
4. Presostato de alta presión.
5. Presostato de baja presión.
6. Separador de aceite.
7. Condensador.
8. Receptor de líquidos ó depósitos de líquido.
9. Mirillas e indicadores de humedad..
10. Filtro deshidratador.
11. Cambiador e intercambiador de calor.
12. Válvula solenoide.
13. Válvula de expansión termostática.
14. Difusor.
15. Acumulador de succión.
16. Termostato.
17. Otras válvulas.
Componentes eléctricos.
1. Compresor.
2. Válvula solenoide.
3. Presostato de alta presión.
4. Presostato de baja presión.
5. Termostato.
6. Relevador de corriente.
7. Capacitor permanente.
8. Capacitor de arranque.
9. Protector térmico.
10. Focos indicadores.
11. Interruptores cola de rata.

Observemos que algunos componentes como el compresor se repite dentro de los componentes eléctricos, pero hacemos la aclaración que su análisis anterior fue solo desde el punto de vista termodinámico, ahora lo haremos desde el punto de vista eléctrico, ya que este componente dispone de un motor eléctrico para su funcionamiento.

5.1 Motores eléctricos.

Los motores convierten energía eléctrica en energía mecánica. Los motores como los circuitos electrónicos, se dividen en dos categorías generales dependiendo del tipo de corriente involucrada directa o alterna. Debido a que la mayoría de aplicaciones en refrigeración se de corriente alterna se clasifican en dos divisiones principales dependiendo de tipo de potencia usada.

- (a) Monofásica
- (b) Polifásicos (trifásicos).

Los motores monofásicos son menos eficientes que los motores trifásicos, se usan principalmente donde la demanda es para *unidades de fracciones de caballo* o donde solo se dispone de servicio eléctrico monofásico. En algunos tipos de aplicaciones especiales pueden usarse varios motores monofásicos que tiene varios caballos de fuerza, generalmente el como monofásico para alrededor de 3 H.P. Naturalmente todos los tipos de motores no son semejantes ya que se diseñan para diferentes trabajos. Es posible girar un pequeño motor con el toque de un dedo, mientras que un motor usado en compresor movido por correas mas que la presión de un dedo para girar su eje.

Parece ser mas difícil entender la operación de motores mas pequeños monofásicos que la de motores trifásicos, pero hay que aprender por la necesidad de diferentes clases de motores, esto ayudara a la comprensión de la operación y composición de los motores monofásicos.

Los motores monofásicos pueden clasificarse como:

- a) Fase partida o fase dividida.
- b) Arranque con capacitor.
- c) Con capacitor permanente.
- d) Capacitor de arranque y capacitor de operación.
- e) De inducción.

Torque.

De acuerdo al diccionario wenster, torque, es una fuerza, o combinación de fuerzas que produce o tiende a producir rotación. En el caso de un motor eléctrico es la habilidad de crecer potencia m produciendo el giro de un objeto carga tal como el volante de un compresor.

A mayor capacidad de un motor para girar un objeto pesado, mayor será el torque del motor por supuesto cuesta mas construir un motor con un alto torque de arranque bajo; lo cual tiene que ver con la gran cantidad de motores producidos, seria antieconómico producir un motor de alto torque para girar un ventilador domestico.

Rotor y estator.

Las dos partes principales de un motor se llaman el rotor y estator.

El *rotor* es la parte rotatoria y algunas veces se llama la armadura.

La parte estacionaria se conoce *como estator*.

Recordando los principios del magnetismo, por ejemplo polos similares se repelen y los polos diferentes atraen cuando estudie las figuras 5.1 (a) y 5.1 (b). Las cuales muestran dos polos magnéticos montados en el exterior de la carcasa del motor o estator, mientras que entre estos polos magnéticos esta un imán permanente colocado sobre un eje.

Este imán permanente en el centro corresponde al rotor. El polo norte magnético del estator atrae al polo sur del imán permanente o rotor y el polo sur magnético del estator atrae al polo norte magnético del rotor. Esta atracción ocurre a causa de que cuando la corriente pasa a través de las bobinas produciendo de los polos magnéticos del estator, se levantan campos magnéticos en las bobinas.

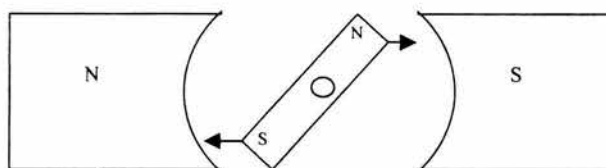


FIGURA (a)

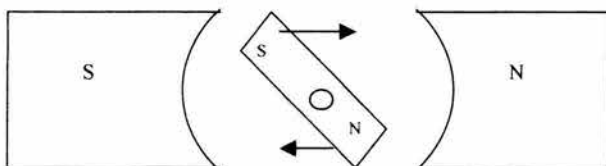


FIGURA (b)

Figura 5.1. Diagrama de un motor simple de corriente alterna.

Ya que este es un diagrama simple de corriente alterna, la dirección del flujo de corriente se reservara completamente y reversara la polaridad de las bobinas del estator cuando se alterne el flujo de corriente.

Por consiguiente la bobina norte de la figura (a), pronto llegara hacer el polo sur del estator como se muestra en la figura (b).

Cuando esto ocurre, con el polo sur del rotor pivoteando sobre el eje con la corriente alterna reversando la polaridad del estator, los dos polo del sur se repelaran uno al otro. El rotor continuara pivotando sobre el eje siempre que el flujo de corriente continúe reversándose en las bobinas de estator.

Esto explica brevemente la operación del motor o la rotación del imán permanente pivotando sobre el eje. El motor operara en esta forma hasta que la corriente sea apagada, al tiempo que el motor de demostración alcanzara la condición mostrada en la figura 5.2.

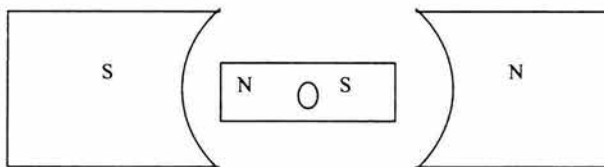


Figura 5.2. Figura de un motor con sus atracciones naturales N-S, S-N.

Como usted vera el polo norte del estator atrae al polo sur del rotor y el imán permanente o la barra magnetizada permanecerá como es. Aún cuando el flujo de corriente se reverse, debido a la corriente alterna, el rotor permanecerá donde esté a causa de que no hay un ángulo comparable al de la figura 5.1. la atracción o repulsión de los polos no pueden causar rotación, cuando la barra esta en la posición mostrada en la figura 5.2.

Si se inserta otro conjunto de polos en el estator o carcaza, como se muestra en la figura 5.3 (a), el nuevo conjunto de polos magnéticos ofrecerá suficiente atracción para iniciar de nuevo la rotación del imán permanente.

Pueden encontrarse dificultad si el rotor para una posición en el punto medio entre los dos polos, como se muestra en la figura 5.3 (b). Habrá una atracción igual entre el polo sur en el rotor y los dos polos norte en el estator, así mismo entre el polo norte del rotor y el polo sur de los estatores.

Este problema puede solucionarse, ya que los polos correspondientes en el estator tiene la misma fuerza magnética al mismo tiempo. Cada uno esta usando la misma fuente de corriente eléctrica, por que estamos tratando con una fuente monofásica. Si colocamos una resistencia en uno de los caminos, obstruyendo temporalmente el flujo de electrones a un solo polo en el estator, como se muestra en la figura 5.4. Los electrones no llegaran a su destino en los polos al mismo tiempo. Esto hará que los electrones que fluyen a un polo estén fuera de paso con lo que fluyen a otro, a causa de que se ha desarrollado una segunda fase.

Ahora tenemos una corriente bifásica que ayudara a arrancar el motor de nuevo, ayudando en la tira y el empuje del rotor. La principal diferencia entre los motores monofásicos es el método usado para producir y controlar esta segunda fase de corriente eléctrica. Esta segunda fase puede entenderse mejor estudiando la figura 5.5.

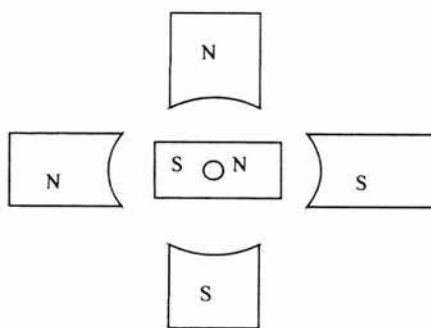


FIGURA (a).

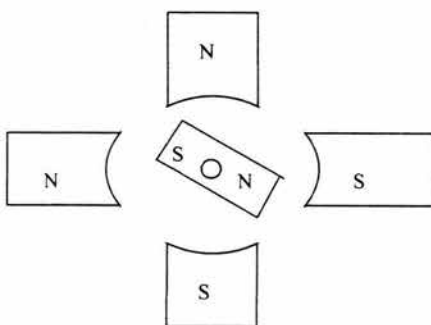


FIGURA (b).

Figura 5.3. Figura de un motor eléctrico alterno con otro conjunto de polos.

Dos electrones corren juntos arriba o debajo de las "colinas" que varían entre la máxima polaridad norte y la mínima sur.

Cuando los electrones mantiene su paso uno con el otro, tenemos lo que se llama corriente monofásica. Si viaja arriba y abajo de las climas 60 veces por segundo, la corriente es 60 hertz. Esta es la condición mencionada antes, en la cual el rotor para en una posición intermedia entre los polos como se muestra en la figura 5.5 (b).

Con una resistencia colocada en uno de los caminos, los electrones igualmente capaces han sido colocados en una situación de desbalanceo. Los electrones están en condiciones correspondientes sobre colinas diferentes, con uno viajando de tras del otro.

A causa de la inserción de una resistencia en uno de los caminos, la corriente monofásica a sido cambiada a una corriente que tiene dos fases. Todas las 5 categorías de monitores monofásicos mencionadas antes, necesitan esta segunda fase de corriente eléctrica para arrancar.

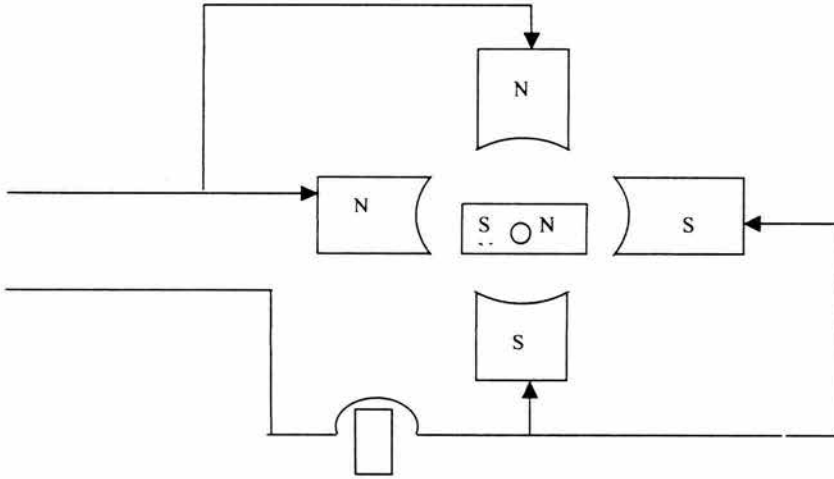


Figura 5.4. Figura de un motor eléctrico alterno con otro conjunto de polos y con una resistencia.

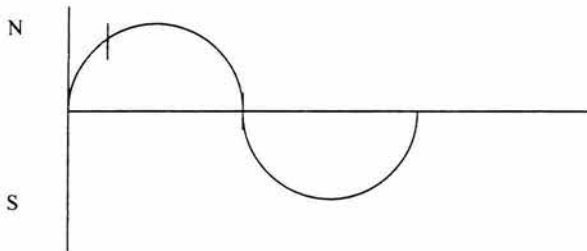


FIGURA (a)

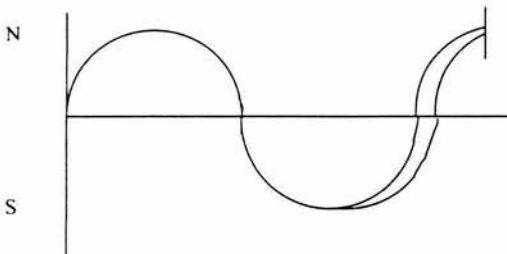


FIGURA (b)

Figura 5.5. Comportamiento de un motor eléctrico con una segunda fase de corriente eléctrica.

La principal diferencia entre las categorías es el modo en el cual la segunda fase se produce. (Conceptualmente, ya que todos estos motores tienen una segunda fase, podrían clasificarse como motores bifásicos en vez de monofásicos.)

5.2 Motores de fase dividida o fase partida.

Si un motor monofásico tiene un conjunto de devanados en el estator, el rotor no siempre iniciara la rotación, sino que algunas veces se quedaría quieto, rumbando cuando se energiza; si se gira a mano cuando falle el arranque, el rotor acelerada hasta que alcance sus rpm de operación. Este giro manual iniciara la rotación del campo magnético y levantara la inducción necesaria en el motor .

En el motor de fase partida, la capacidad de auto arranque es proporcionada mediante la adición de un conjunto de devanados en el estator. Este es conocido como devanado de arranque, el cual se hace con mas cuantiosas espiras que el devanado primario o de operación.

A causa del mayor numero de espiras en el devanado de arranque, el flujo de corriente esta retardada respecto a la corriente en devanado de operación.

El numero adicional de espiras en el devanado de arranque suministra la resistencia colocada en uno de los caminos, como se muestra en la figura 5.4. También duplica la condición de electrones que fluyen en una condición de desbalance, como se muestra en ala figura 5.5.

Este devanado de arranque es un motor de fase partida permanece en el circuito durante el periodo de arranque que hasta que el motor alcance el 75% de su velocidad total. En este punto el devanado de arranque se desconecta del circuito con un interruptor centrífugo o un relevador (térmico , corriente o potencial).

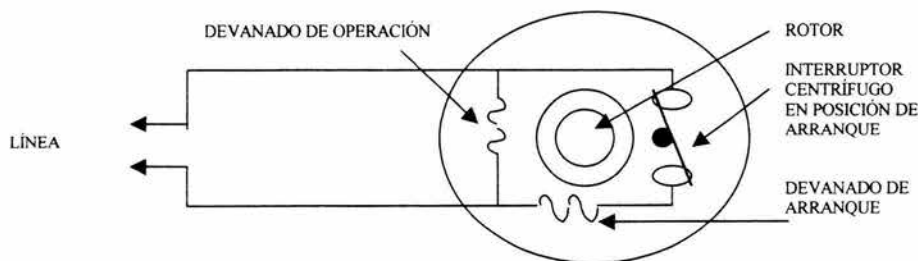


Figura 5.6. Motor de fase partida o fase dividida.

Los motores de fase partida tiene bajo torque de arranque y se utilizan en unidades de refrigeración de fracción de caballo.

Este tipo de motor se utiliza a menudo en un sistema que tiene un tubo capilar para control de refrigerante a causa de que las presiones que en el sistema se igualan cuando la unidad para. La figura 5.6 muestra el arreglo de los devanados de arranque y operación en el motor de fase partida, junto con el interruptor centrífugo.

5.3 Motor con capacitor de arranque (motor de operación por inducción con capacitor de arranque).

El motor con capacitor de arranque mostrado en la figura 5.7, tiene un arreglo de devanado del motor, similar al de un motor de fase partida.

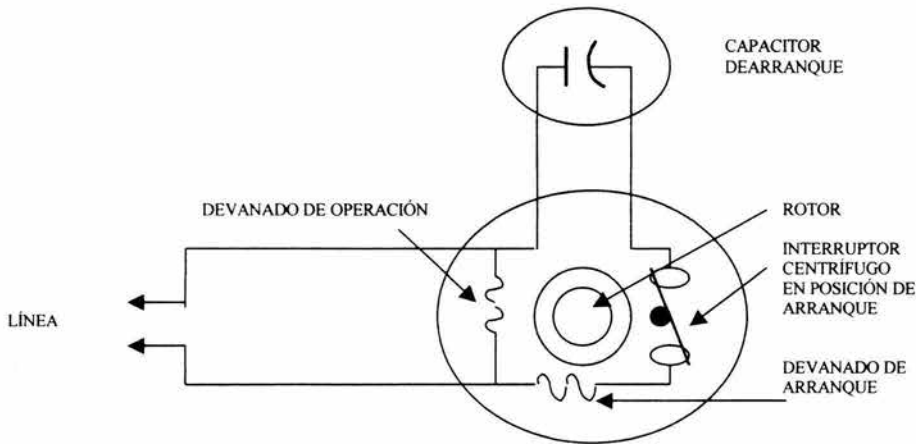


Figura 5.7. Motor con capacitor de arranque.

Un componente adicional, un capacitor, se alambra en serie con el interruptor centrífugo y el devanado de arranque.

En este motor, el capacitor causa una corriente adelantada y así el devanado de arranque esta fuera de fase con el devanado de marcha.

De nuevo en este tipo de motor, cuando el rotor alcanza el 75% de su velocidad nominal, el interruptor centrífugo saca el devanado de arranque y el capacitor fuera del circuito eléctrico.

5.4 Motor con capacitor permanente.

Si se usa una capacitor en el circuito del devanado de arranque es mas simple si el capacitor puede dejarse en el circuito todo el tiempo.

Por supuesto, en tal caso, el capacitor correcto debe seleccionarse para el uso con el devanado de arranque.

Debe ser capaz de pasar suficiente corriente al devanado de arranque para suministrar torque adecuado, pero no debe permitir corriente suficiente para sobrecalentar el devanado de arranque mientras el motor este en operación.

El motor con capacitor de permanente mostrado en la figura 5.8, también tiene un arreglo de devanado del motor, similar al de un motor de fase partida.

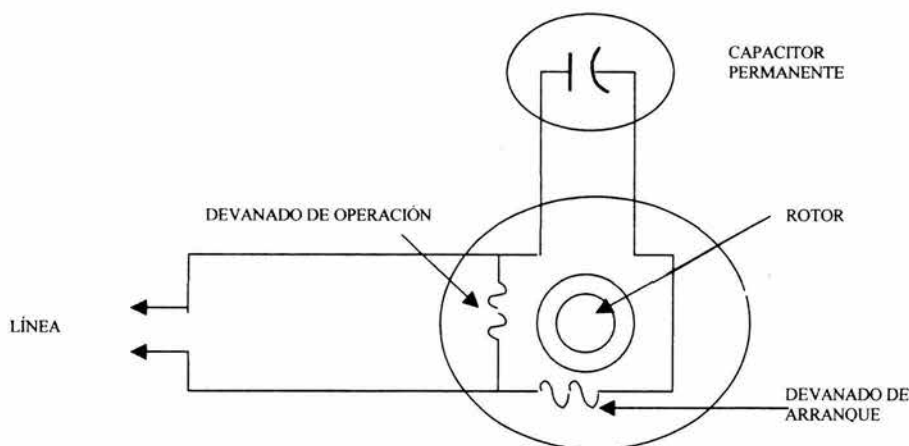


Figura 5.8. Motor con capacitor permanente.

Un diagrama de este tipo de motor se muestra en la figura 5.8, se observa que el capacitor esta conectado en serie con el devanado de arranque, el cual se energiza en todo momento cuando el motor esta en operación. Consecuentemente, no se necesita del interruptor centrifugo con este tipo de motor: se clasifica como *motor con condensador permanente*.

5.5 Motor con capacitor de arranque, capacitor de operación.

También conocido como motor con capacitor de dos valores. El motor del tipo capacitor de arranque, capacitor de operación es bastante similar en diseño y operación al motor de inducción con capacitor de arranque (visto anteriormente).

La figura 5.9, muestra este tipo de motor que usa dos capacitores. En este caso un interruptor centrifugo se alambra en serie con un tipo de capacitor de gran capacidad y este circuito serie esta en paralelo con el capacitor de operación.

En este motor, como en otros se utiliza un interruptor centrifugo que abre el circuito cuando el motor alcanza aproximadamente el 75% de su velocidad nominal, poniendo el capacitor mayor fuera de uso. Este tipo de motor se adapta a condiciones en las cuales se necesita un fuerte torque de arranque, tal como un compresor que debe arrancar bajo condiciones de carga.

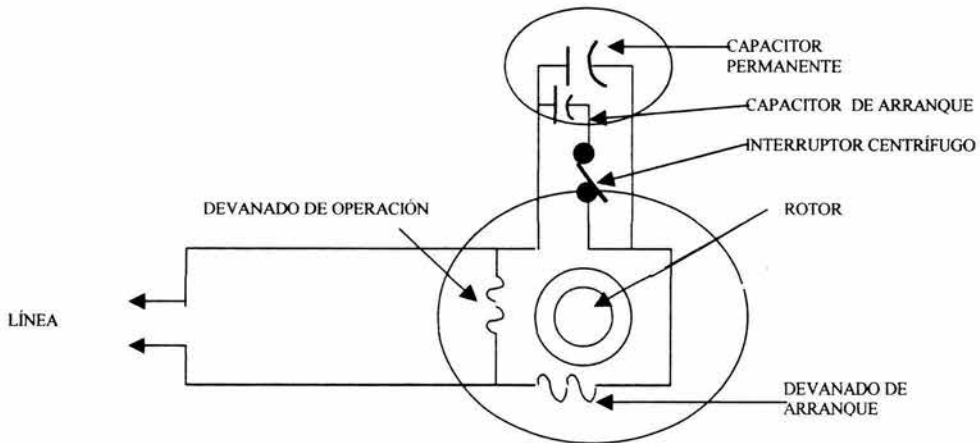


Figura 5.9. Motor con capacitor de arranque, capacitor de operación.

5.6 Motor de inducción.

Un motor de inducción, mostrado en la figura 5.10, no tiene devanado de arranque pero es similar al motor de inducción de fase partida. En los motores previamente descritos, debe usarse algún esfuerzo para poder hacer girar el motor, ya que únicamente con el giro del rotor las líneas de fuerza son cortadas, levantando su propio campo magnético para mantener la rotación.

La figura 5.10 muestra que los polos del motor son partidos o ranurados, así que el polo más pequeño reemplaza parte del polo principal. Alrededor de este polo más pequeño hay una espira de cobre llamada bobina de inducción.

En lugar de depender de devanados de arranque separados para crear una segunda fase, las bobinas de inducción producen la rotación del rotor mediante una desviación de una parte del campo magnético.

5.7 Motor eléctrico de un compresor.

Ahora que ya se analizaron los diferentes motores eléctricos, vamos a analizar el motor eléctrico que se propone para el desarrollo y construcción del módulo didáctico.

Los motores eléctricos que se aplican en refrigeración de pequeñas capacidades son:

1. Motores de fase dividida.
2. Motores con capacitor de arranque.
3. Motores con capacitor permanente.
4. Motores con capacitores de dos valores.



Figura 5.10. Motor de inducción.

Generalidades.

Como los compresores que usamos son del tipo hermético, es necesario conocer que todo el sistema mecánico y el sistema eléctrico se encuentran dentro de una carcasa donde es imposible meterle mano para hacer sus respectivas reparaciones, solo se puede hacer las conexiones eléctricas debido a un juego de bornes que salen de la carcasa, así que chequeemos lo siguiente.

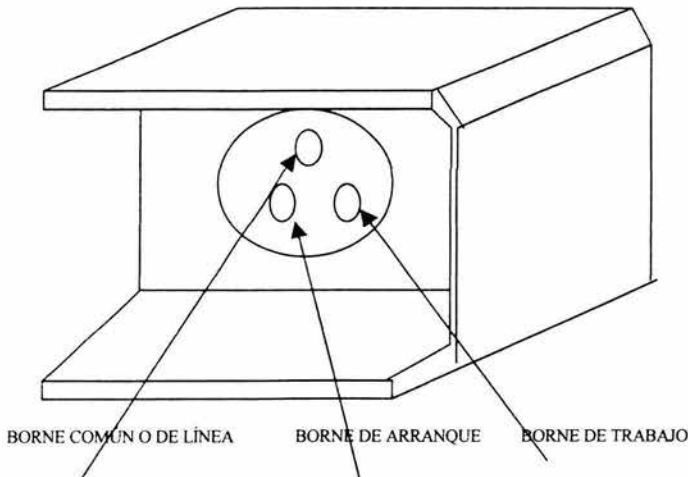


Figura 5.11. Bornes del compresor.

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 el 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.

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 5.1. Nos muestra el consumo de amperes de compresores herméticos a diferentes capacidades.

El borne del lado izquierdo corresponde al embobinado de arranque. El relevador electromagnético de arranque crea un puente eléctrico entre este ultimo mencionado antes se desconecta después de que el motor ha alcanzado un 75% de su velocidad normal de funcionamiento. En la tabla 5.1, se dan los datos inherentes al consumo en amperes de cada compresor de acuerdo con su capacidad de H.P.

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 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.

5.8 Termostato.

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 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.

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.

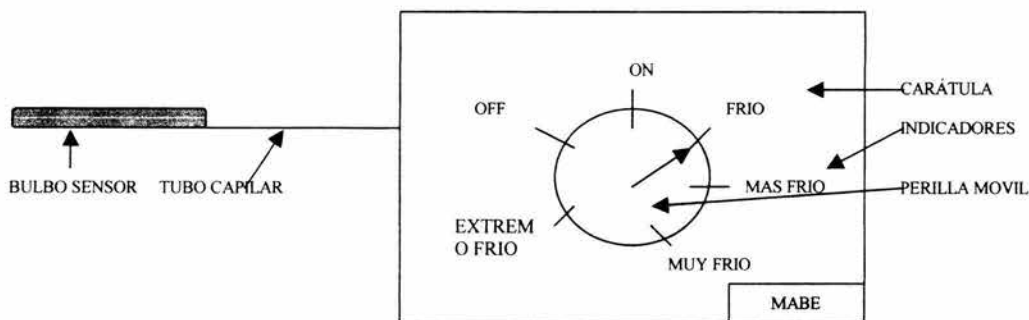


Figura 5.12. Termostato convencional.

El extremo interno del termostato se encuentra rematado por una especie de membrana flexible denominada fuelle, 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 fuelle 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

Cuando el evaporador alcanza una temperatura intermedia de congelación, las moléculas del gas que se encuentra en el interior del bulbo del control automático de temperatura se contraen y la presión del fuelle sobre el muelle de los platinos decrece, por lo que el resorte que se halla entre el espacio de los platinos supera la fuerza del muelle y los separa, y debido a esto la corriente que circula a través de las terminales del control se suspende y el compresor se detiene.

Ajuste de los termostatos.

En los controles de Kelvinator y Mabe, la graduación de la perilla de selección manual de frío se encuentra calibrada del 1 al 9, por lo que su ajuste intermedio es en el número 3, en otros refrigeradores como la IEM la perilla es del 1 al 6 por lo que el rango debe ser en el número 2, en el caso de la Acros, la perilla va del 1 al 12 y se debe ajustar entre 4 o 5. Los controles ranco ya vienen ajustados en el número 3, y su temperatura de paro es de -18 grados centígrados.

El sistema de refrigeración funciona hasta que el evaporador produzca una temperatura de -18 grados en ese momento se detiene y cuando el evaporador haya perdido temperatura hasta alcanzar el nivel de -9.5 grados vuelve a funcionar.

Primero se pone a funcionar el equipo y se observa la temperatura en que el equipo se detiene, al obtener esta temperatura se localiza el tornillo de ajuste de más o menos frío y se ajusta según sea el caso para que el sistema se detenga en -12 grados, si el control detiene el sistema con una temperatura más baja, el tornillo de ajuste debe moverse hacia la derecha una vuelta y se observa.

Si por lo contrario el control se detiene antes de llegar a los -12 grados el ajuste debe girarse hacia la izquierda, lo que separa los platinos y aumenta la fuerza del fuelle, por lo que se necesita más frío para poder detenerse.

Una vez localizado el ajuste de paro se observa la temperatura de arranque que sea de -4 grados. Cuando se ha ajustado el automático a -12 grados en el paro y a -4 grados en el arranque, se obtiene un promedio de temperatura de -8 grados centígrados en el evaporador.

5.9 Relevador de corriente.

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.

A continuación se proporcionara 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.

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.

Relé de corriente.

Muchos motores de fase partida o con condensador de arranque destinados a prestar servicio en frigoríficos, acondicionadores de aire, bombas, máquinas de oficina, etc., están protegidos con una carcasa de cierre hermético.

En tales casos resulta prácticamente imposible el empleo de interruptor centrífugo en los mismos, dadas las dificultades existentes para su entretenimiento o eventual sustitución, y por este motivo se recurre entonces al auxilio de un relee electromagnético exterior.

Dicho relé puede estar montado encima del motor o bien próximo a él, y puede ser del tipo "de corriente" o bien del tipo "de tensión". Sea cual fuere su tipo, el relee asume la función del interruptor centrífugo, es decir, desconectar del circuito de alimentación el arrollamiento de arranque cuando la velocidad del motor alcanza aproximadamente el 75 % de su valor de régimen.

El funcionamiento del relee se basa en el hecho de que la corriente que circula por el arrollamiento de trabajo durante el periodo inicial de arranque es de dos a tres veces superior a la que lo atraviesa en régimen de servicio.

El relé electromagnético consiste simplemente en una bobina con un núcleo móvil que en condiciones normales ocupa la posición inferior y deja abiertos dos contactos. La bobina está conectada en serie con el arrollamiento de trabajo, y los contactos están interpuestos en el arrollamiento de arranque.

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 5.2. Nos muestra las claves de los relevadores de arranque.

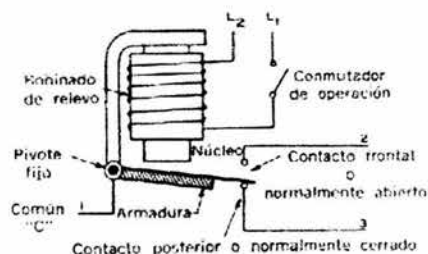


Figura 5.13. Se muestra la construcción de un relé.

Al aplicar tensión al motor, la bobina del relé se excita lo suficiente para levantar el núcleo y cerrar los contactos, con lo cual tanto el arrollamiento de trabajo como el de arranque quedan en servicio, y el motor se pone en marcha; sin embargo, tan pronto como la corriente ha descendido casi a su valor normal por efecto del incremento de velocidad, la excitación de la bobina resulta insuficiente para mantener el núcleo en su posición superior, y éste se separa de los contactos, con lo cual el arrollamiento auxiliar queda desconectado.

El motor funciona entonces únicamente con el arrollamiento principal. La reproduce otro tipo usual de relé de corriente, similar en esencia al anterior. Las muestras los esquemas de conexiones simplificado y circular de un motor tetrapolar provisto de relé de corriente del primer tipo.

Se observa que el relé y el condensador de arranque están alojados conjuntamente y fuera del motor. En el relé empleado es del segundo tipo; por otra parte, el condensador de arranque está alojado separadamente.

Estos motores no permiten la inversión del sentido de giro; para ello sería preciso que salieran cuatro terminales fuera del motor. Un inconveniente de este tipo de motores es la posibilidad de que la bobina del relé actúe, estando el motor ya en servicio, por efecto de una sobrecarga, y vuelva a conectar con ello el arrollamiento de arranque.

Recordando que dicho arrollamiento sólo está dimensionado para trabajar unos cuantos segundos, una inclusión excesivamente larga o frecuente en el circuito podría quemarlo. Esta eventualidad puede evitarse, sin embargo, utilizando un dispositivo térmico de protección.

La muestra el esquema de un motor con condensador de arranque provisto de relé de corriente y de una protección térmica de dos bornes (completamente similar a una de tres, excepto que el borne 2 se deja libre).

5.10 Capacitor permanente.

Hoy en día se fabrican capacitares de múltiples tipos y diferentes tamaños; vamos a estudiar y describir algunos de los mas comunes. Actualmente se usa una gran variedad de tipos de capacitares. Esencialmente, caen en cualquiera de dos amplias categorías: capacitares fijos o capacitares variables.

Los capacitores fijos tienen su valor de capacitancia establecida permanentemente por su construcción y este valor no puede cambiar. Los más comunes obtienen sus nombres de los materiales dieléctricos empleados. Ejemplos de estos son capacitores de papel, de mica y de cerámica.

Las capas de estos capacitores generalmente están hechos de metal laminado. Con objeto de mantener su tamaño físico lo más pequeño posible, se usan técnicas como son el empleo de serie de placas separadas por material dieléctrico o enrollar placas y material dieléctrico o en forma tubular, para la construcción de capacitores fijos.

Los capacitores variables se hacen de manera que sus valores de capacitancia puedan ajustarse continuamente en una amplia escala. El tipo más común consiste de dos juegos de placas metálicas entrelazadas. Un juego de placas, las del rotor, está montado sobre un eje que, al girar, mueve a las placas, entre otro grupo de placas, placas de estator.

Efectivamente, un grupo de placas actúa con una de las placas del capacitor y el otro como la otra placa. Cuando mayor sea el área común a las dos placas, mayor será el área afectiva de las del capacitor y mayor su capacitancia. El aire sirve como dieléctrico entre las placas.

Otro capacitor variable consta de dos placas metálicas cuya separación puede regularse por medio de tornillos. Generalmente, se usa mica entre las placas de este tipo de capacitor variable.

5.11 Capacitor de arranque.

Esencialmente, un capacitor electrolítico de tipo seco consta de dos hojas de aluminio separadas por una capa de papel saturado con un líquido químico que se llama electrolito. Las tres láminas están enrolladas y selladas en un recipiente. Durante la fabricación del capacitor, se aplica una tensión entre las dos hojas de aluminio. La corriente resultante causa la formación de una capa de óxido, delgada, en una hoja de aluminio, y como resultado, el capacitor queda polarizado.

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.

CAPACITORES ELECTROLÍTICOS DE ARRANQUE	
Capacidad en μF	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 5.3. Nos muestra las claves de los capacitores de arranque.

Los compresores de tipo Kelvinator solamente usan capacitor electrolítico de arranque en sus capacidades de 1/3 y ¼ H.P. 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.

5.12 Protector térmico.

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 limite al cual se adapto, 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 del sobrecarga se fabrican para diferente capacidades de los compresores, por lo que cada protector funcionara bien solo si se colocada adecuadamente de acuerdo con su capacidad. Cada compresor toma de la línea de alimentación eléctrica la corriente que necesita para funcionar: mientras el amperaje este 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 calentara 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 enfrie 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.

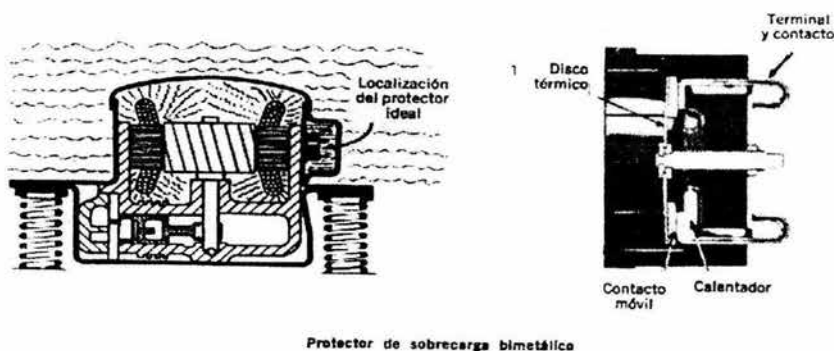


Figura 5.14. Se muestra un protector de sobrecarga bimetalica.

Mas adelante 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.

5.13 Presostatos.

Los presostatos se subdividen en:

- a) Presostatos de baja presión.
- b) Presostatos de alta y baja presión combinados.

Los primeros actúan de acuerdo con los cambios naturales de presión en el lado de baja del sistema, los dos se basan en el mismo principio, consiste en un fuelle metálico conectado por medio de una tubería de cobre a la línea de aspiración del sistema. Cuando esta parado el compresor, y la presión de baja sube en proporción con el aumento de temperatura, dicho fuelle se extiende hasta que llegando al limite previamente ajustado, hace funcionar el mecanismo interruptor estableciendo el contacto que pone en marcha el motor.

Con el trabajo del compresor va disminuyendo la temperatura y la correspondiente presión, el fuelle entonces se encoge retornando a su estado normal hasta llegar a un punto o presión previamente establecida para la parada del equipo, en que nuevamente actúa el mecanismo interruptor desconectando el motor.

El punto de puesta en marcha se determina por la presión existente cuando se alcanza la máxima temperatura y el de parada se fija por la temperatura mínima requerida.

La duración de los ciclos de parada y puesta en marcha del sistema depende de la temperatura que se desee obtener, del uso que se haga de la amara o nevera y asimismo de las pérdidas que

por radiación se produzcan en relación con la temperatura del lugar donde se halle la instalación.

Numero	Capacidad
KELVINATOR	
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
TECUMSEH	
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
COMITZU-MITSUBISHI	
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
IEM WESTINGHOUSE	
MRP-39JX	1/6

Tabla 5.4. Nos muestra las claves de los protectores térmicos.

5.14 Arrancadores.

Cuando no se requiere control automático de un componente eléctrico, se puede utilizar un arrancador manual de motor como el caso de un motor para ventilador o bomba que operan continuamente o de uno que apaga y que arranca a intervalos infrecuentes .

El diseño puede ir de un simple interruptor o botón de presión hasta tan elaborados aparatos, los cuales proveerán protección para el motor. Pueden también limitar la cantidad de corriente que fluye al componente, o pueden controlar, por medio de componentes adicionales, la operación del sistema. Esto puede fácilmente incluir retardo de tiempo y acción secuencial del componente en el circuito.

La figura 5.15 es un diagrama esquemático de un circuito eléctrico, muestra el control de un motor eléctrico con el uso de un contactor operado por medio de un interruptor de presión del tipo arranque y paro.

Este diagrama también muestra protectores de sobrecarga instalados en la línea uno y tres del circuito electrónico. Básicamente los arrancadores no son mas que contactores que contienen protección de sobre carga incorporada .

El uso de un arrancador manual , como el mostrado requiere la presencia de un operador cerca de la localización del equipo. En esta figura se observa que cuando el botón es presionado, el par de contactos se cierra, energizando por consiguiente la bobina de retención que esta situada entre los terminales L_1 y L_2 .

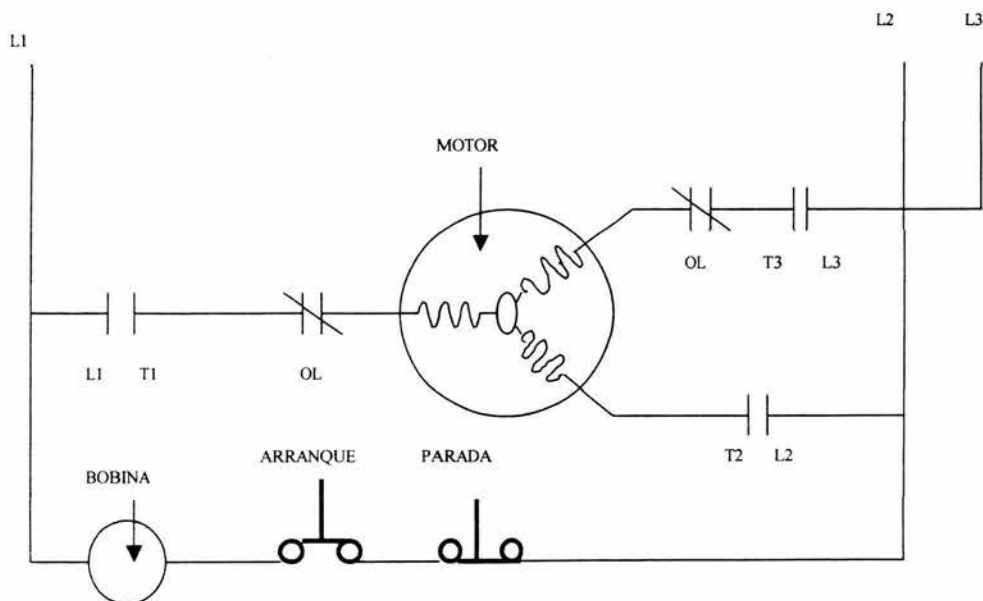


Figura 5.15. Motor eléctrico operado por un arrancador manual.

El electromagnetismo de la bobina de retención mantendrá los contactos en una posición cerrada , arrancando así el motor , el cual continuara en funcionamiento hasta que el operario presione el botón de parada rompiendo el circuito de la bobina de retención.

Por supuesto, el circuito puede romperse por una falla de potencia o si una de las protecciones de sobre carga se exponen a excesiva corriente.

Si se desea o requiere control automático en una instalación dada, debe utilizarse un arrancador automático a través de la línea. La figura 15.16 es un diagrama esquemático de un arrancador magnético arreglado para un control de tipo bialambico, tal como para un termostato o un interruptor de baja presión.

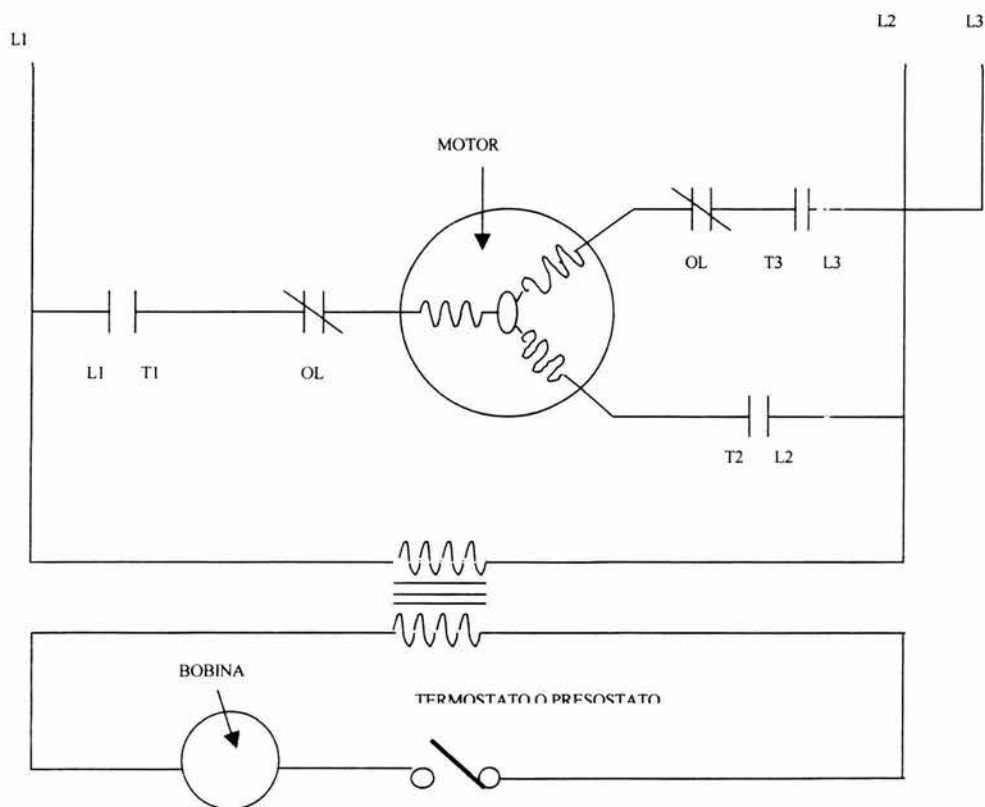


Figura 5.16. Motor eléctrico operado por un arrancador magnético arreglado para un control de tipo bialambico, tal como para un termostato o un interruptor de baja presión.

Estos aparatos tiene contactos relativamente livianos pero, mediante el uso de un circuito de bajo voltaje y una bobina de retención, pueden accionarse los componentes en el voltaje de línea, tal como el motor de un compresor.

Cuando el circuito de control de bajo voltaje se a completa, activa la bobina de retención de bajo voltaje, la cual atrae los contactos sobre el sistema principal de voltaje de línea.

Si fluye corriente excesiva, los térmicos en el relee de sobre carga abrirán los contadores del circuito de control. Si el voltaje es bajo la bobina de retención abrirá la bobina de retención y abrirá los contactos principales.

Cuando el voltaje retorna al normal, la bobina de retención cerrara los contactos principales de nuevo y arrancara el motor.

Para compresores que arrancan sin carga y para algunos ventiladores y bombas, hay arrancadores magnéticos, clasificados como arrancadores de voltaje reducido. Estos permiten el arranque de motores a un voltaje mas bajo que el normal con el uso de resistencias añadidas o auto transformadores colocados en el circuito temporalmente mediante la operación de un relé.

CAPITULO 6

"CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE COSTOS"

6.1 Material mecánico-eléctrico requerido.

Para la construcción del equipo didáctico, se requiere del siguiente material:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO
1	INTERRUPTOR GENERAL CON PROTECCIÓN TÉRMICA	\$ 200.00
2	MANÓMETRO DE ALTA PRESIÓN UNIWELD DE 0 A 500 PSI.	\$ 70.00 c/u
2	MANÓMETRO DE BAJA PRESIÓN UNIWELD DE 30 in Hg A 120 PSI.	\$ 70.00 c/u
1	PRESOSTATO DE ALTA PRESIÓN SAGINOMIYA/RIMSA MODELO HNS-C130.	\$ 600.00
1	PRESOSTATO DE BAJA PRESIÓN SAGINOMIYA/RIMSA MODELO SN-C106.	\$ 600.00
1	TERMOSTATO SAGINOMIYA/RIMSA MODELO FRS-C130.	\$300.00
2	DIFUSOR DE BAJA TEMPERATURA HERMETIK	\$700.00
1	CONDENSADOR HERMETIK	\$400.00
1	COMPRESOR DE 1 H.P MARCA GENERAL ELECTRIC. A 110 VOLTS + - 10% A 60 HERTZ	\$ 1200.00
1	ACUMULADOR DE SUCCIÓN.	\$350.00
1	RECEPTOR DE LÍQUIDOS	\$350.00
2	VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA.	\$300.00
2	MEDIDOR DE FLUJO.	\$200.00
10	VÁLVULAS MANUALES	\$50.00
1	FILTRO SECADOR RECARGABLE.	\$100.00
7	MIRILLA	\$80.00
1	INTERCAMBIADOR DE CALOR	\$300.00
5	INTERRUPTORES COLA DE RATA.	\$ 10.00
5	FOCOS INDICADORES A 127 VOLTS.	\$ 12.00
1	SEPARADOR DE ACEITE.	\$350.00
1	BASE DE MADERA BARNIZADA.	\$ 600.00
1	ESTRUCTURA METÁLICA DE SOPORTE.	\$ 150.00
1	ROLLO DE CABLE NÚMERO 14 COLOR ROJO	\$ 150.00

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO
1	ROLLO DE CABLE NÚMERO 14 COLOR NEGRO	\$ 150.00
1	ROLLO DE CABLE NÚMERO 14 COLOR VERDE	\$ 150.00
4	LLANTAS	\$ 200.00
1	KILO DE SOLDADURA DE PLATA	\$ 60.00
1	TURNER CON BOQUILLA	\$ 200.00
1	ROLLO DE TUBO DE COBRE FLEXIBLE DE 3/16 DE PULGADA.	\$300.00
1	ROLLO DE TUBO DE COBRE FLEXIBLE DE 1/4 DE PULGADA.	\$300.00
5	ROLLOS DE CINTA DE AISLAR	\$ 40.00
5	ROLLOS DE CINTA DE TEFLON	\$ 20.00
COSTO TOTAL SIN CONTAR CON LA MANO DE OBRA (YA QUE SE CONSIDERA QUE EL ALUMNO LO PUEDE CONSTRUIR).		\$ 9190.00

6.2 Construcción de la estructura metálica.

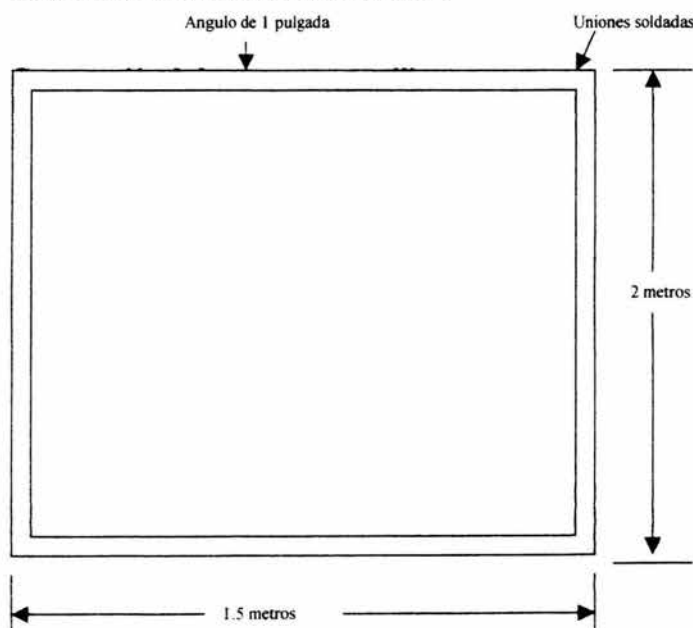


Figura 6.1. Soporte vertical de la estructura metálica (visto de frente).

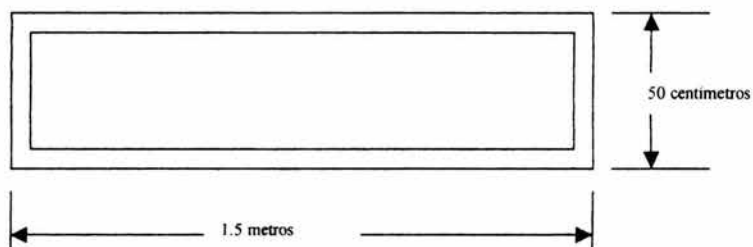


Figura 6.2. Soporte horizontal de la estructura metálica (visto desde arriba).

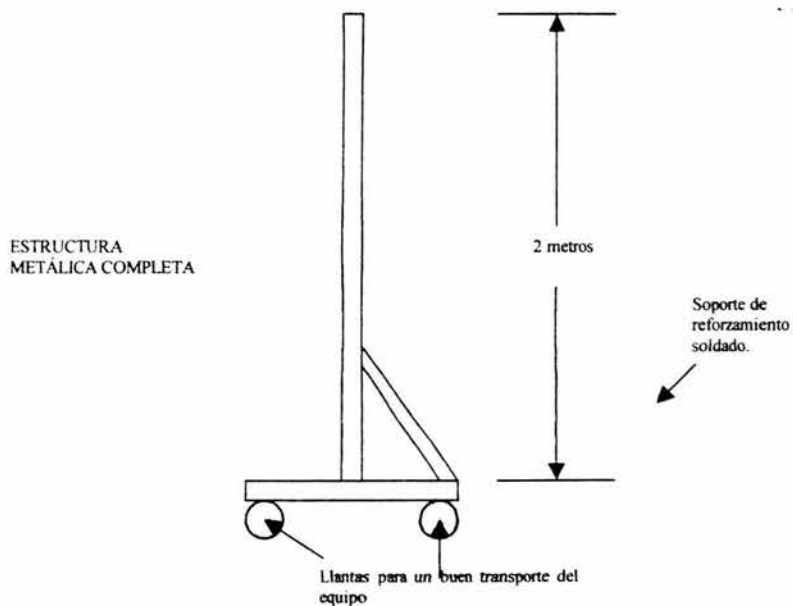


Figura 6.3. Soporte horizontal y vertical ensamblados(visto de perfil).

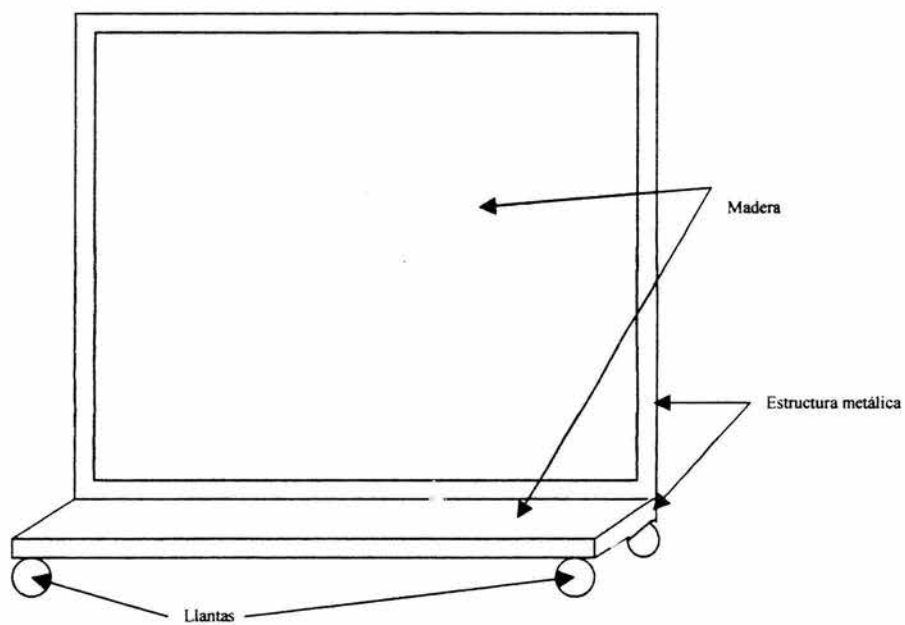


Figura 6.4. Soporte horizontal y vertical ensamblados con la madera(visto de frente).

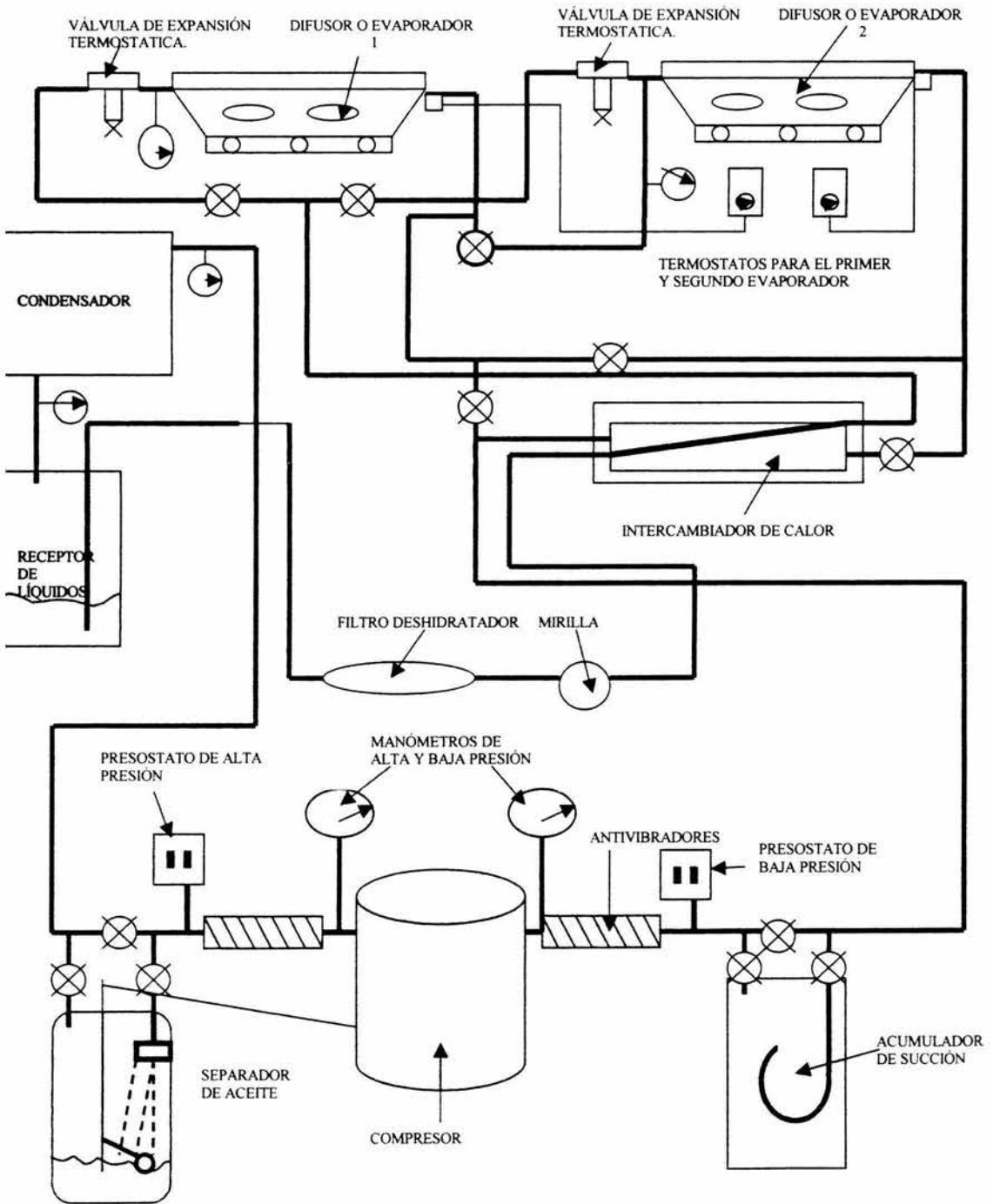


Figura 6.5. Ensamble de los componentes del ciclo de refrigeración del módulo propuesto.

6.3 Análisis de los componentes eléctricos.

Vamos a analizar componente por componente para después proceder a diseñar el circuito general con todos los componentes.

Empezamos por nuestro tablero:

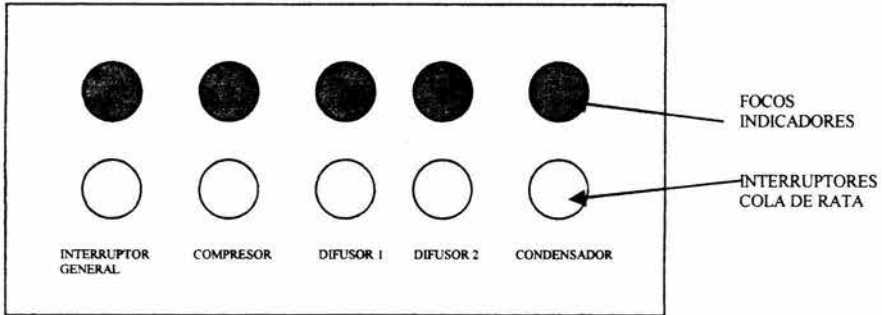


Figura 6.6. Nos indica la forma en que va a estar el tablero de control.

Su circuito eléctrico será el siguiente:

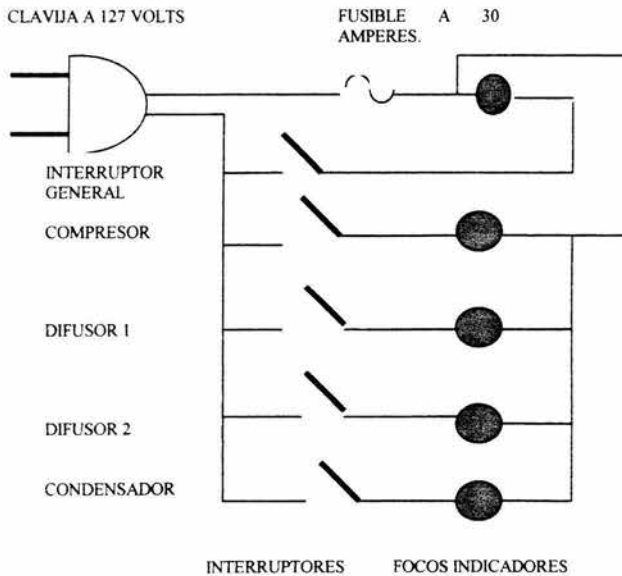


Figura 6.7. Circuito eléctrico del tablero.

En este caso solo se prenderán los focos indicadores, donde nos indicarán que ya esta pasando corriente hacia los componentes descritos en las leyendas.

El interruptor principal nos indica que el sistema está energizado por lo que podemos proceder a echarlo andar.

Continuemos ahora con el segundo interruptor que nos indica que va al compresor.

Como habíamos acordado, el compresor se representa eléctricamente de la siguiente manera.

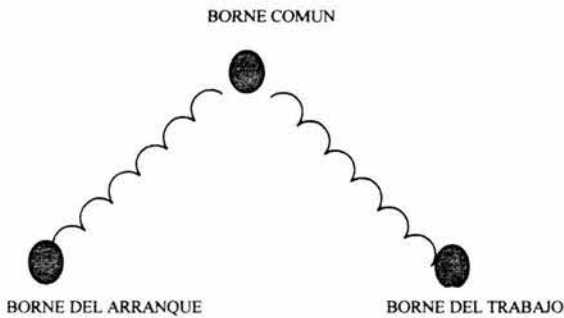


Figura 6.8. representación eléctrica del compresor.

Ahora verificamos que el tipo de compresor seleccionado es de un caballo de potencia, por lo que solo se utiliza un condensador eléctrico permanente o de trabajo de 40 micro faradios. Su circuito eléctrico será:

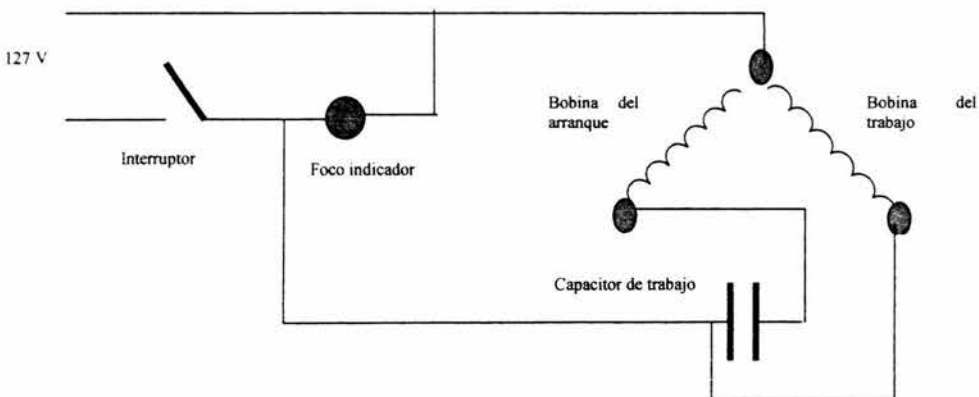


Figura 6.9. Circuito eléctrico del compresor incluyendo su tablero.

Ahora involucraremos a los presostatos, recordando que el presostato de alta presión es de seguridad, el presostato de baja presión es el que logrará hacer los paros y arranques del compresor. El presostato lo representamos de la siguiente forma:

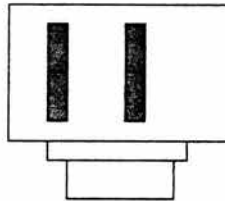


Figura 6.10. Representación de los presostatos.

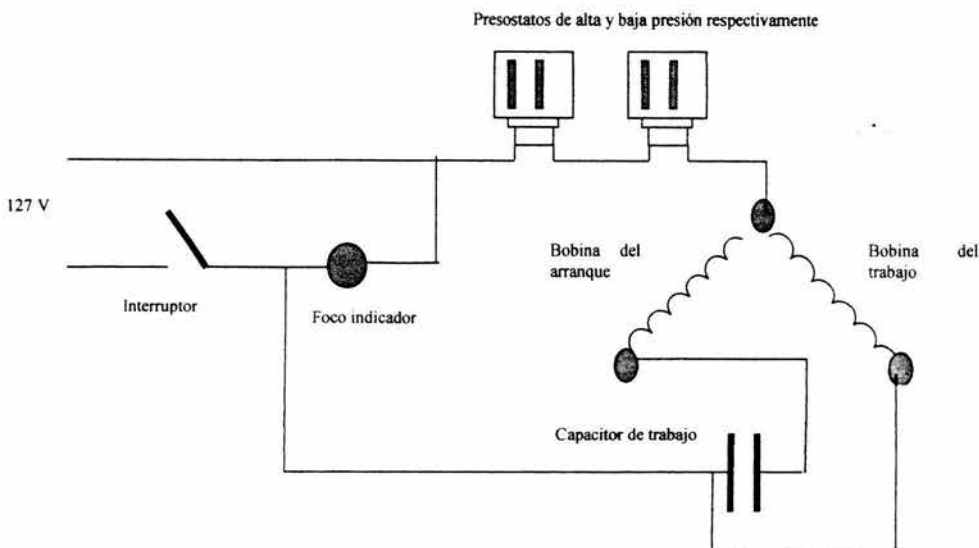


Figura 6.11. Circuito eléctrico del compresor incluyendo su tablero y los presostatos de alta y baja presión..

Observemos que este tipo de conexión eléctrica es en serie, ya que si alguno llega a fallar, el otro quedará para hacer parar al compresor y protegerlo de un exceso de trabajo.

Ahora involucraremos al protector térmico, recordando que el protector térmico actúa cuando existe una descarga grande de corriente (este se puede dar cuando el motor eléctrico se esta aterrizando o tiene un gran par a vencer) o por temperatura (recordando que cuando existe una gran descarga de corriente también existe una alta temperatura) o por que el compresor

ya trabajo un gran rato en exceso, provocando que se caliente la carcasa, esta se encarga de transmitir el calor al protector térmico (se recuerda que este va pegado a la carcasa del compresor).

Al protector térmico lo representamos de la siguiente forma:



Figura 6.12. Representación de un protector térmico.

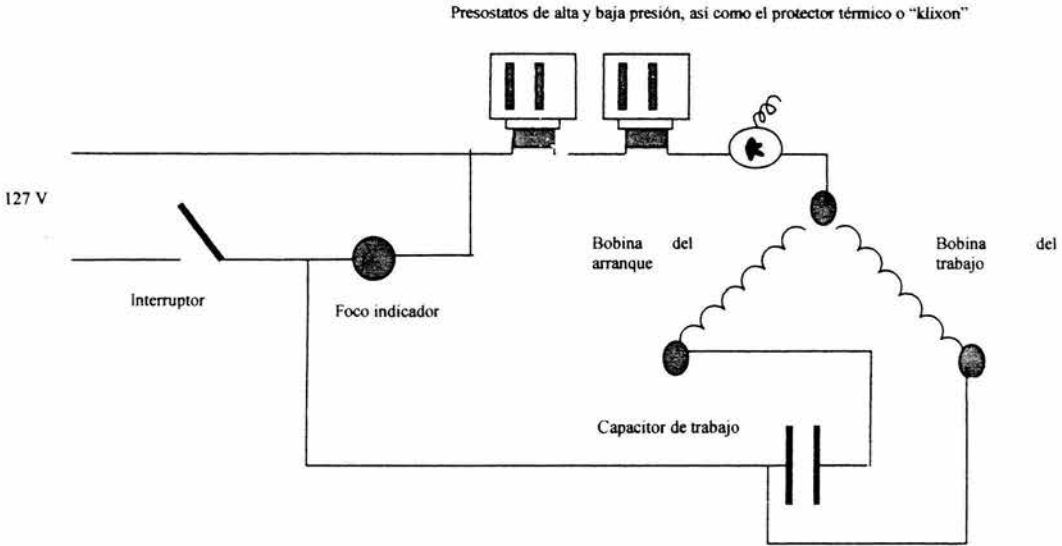


Figura 6.13. Circuito eléctrico del compresor incluyendo su tablero y los presostatos de alta y baja presión, así como también al protector térmico.

Observemos también, que este tipo de conexión eléctrica es en serie, ya que si alguno llega a fallar, el otro quedará para hacer que el compresor pare, y adicionalmente, el protector térmico o "klixon" (técnicamente se les da el nombre de klixon por que esta fue la primera marca comercial que los empezó a fabricar), lo parará por exceso de corriente o por exceso de temperatura.

Ahora procederemos analizar los difusores 1 y 2 respectivamente, recordando que cada difusor cuenta con dos motores de 127 Volts y que no están sometidos a un gran par.

En condiciones normales, estos deben de trabajar de manera continua, pero para nuestro módulo, solo trabajará cuando se le conecte desde el tablero eléctrico.

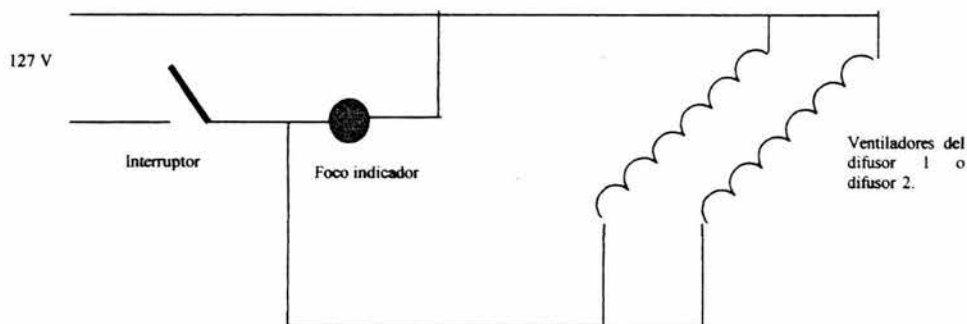


Figura 6.14. Circuito eléctrico de los motores eléctricos de los difusores 1 y 2.

Ahora procederemos analizar el ventilador que se encuentra en el compresor, recordando que consta de un motor eléctrico de 127 Volts y que no están sometidos a un gran par.

En condiciones normales, este debe trabajar y parar cada vez que lo hace el compresor, pero para nuestro módulo, solo trabajará cuando se le conecte desde el tablero eléctrico.

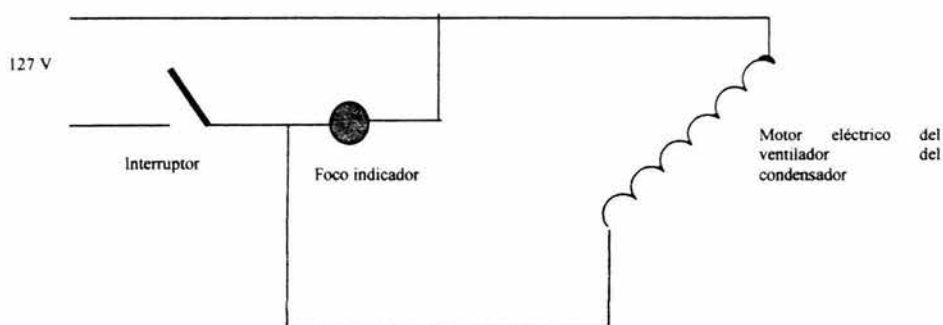


Figura 6.15. Circuito eléctrico del motor eléctrico del condensador.

6.4 Diseño eléctrico del equipo de refrigeración.

Ahora ya podemos proceder a realizar el diseño eléctrico de todo el equipo de refrigeración del módulo propuesto. Este lo vamos ir haciendo juntando todos los circuitos anteriores que se fueron diseñando de manera parcial, solo que ahora lo haremos de formas general.

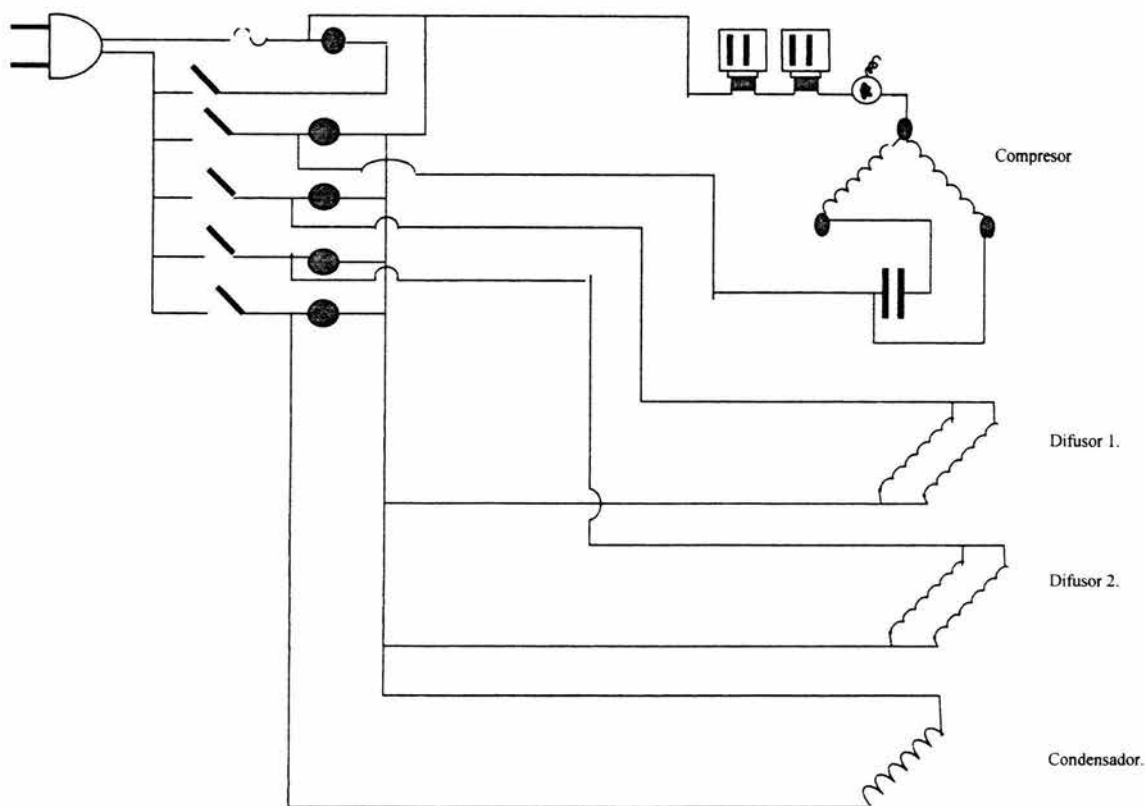


Figura 6.16. Circuito eléctrico de todo el módulo didáctico propuesto.

6.5 Comparación de equipos que ofrece el fabricante.

Investigando en el mercado, pudimos constatar que estos equipos de refrigeración no se venden en el país, solo son de importación y sobre pedido, por lo que hicimos un recorrido en escuelas que tienen estos equipos y poder observar su construcción y operación.

Los equipos que pudimos observar se enlistan a continuación:

Equipo de entrenamiento marca Hampden H-CRT-1A , que a sido diseñado para proporcionar al instructor un demostrador práctico apropiado para familiarizar al estudiante con el funcionamiento de los sistemas de refrigeración comerciales. El entrenador se a armado desde la fabrica, esta precargado y es completamente funcional.

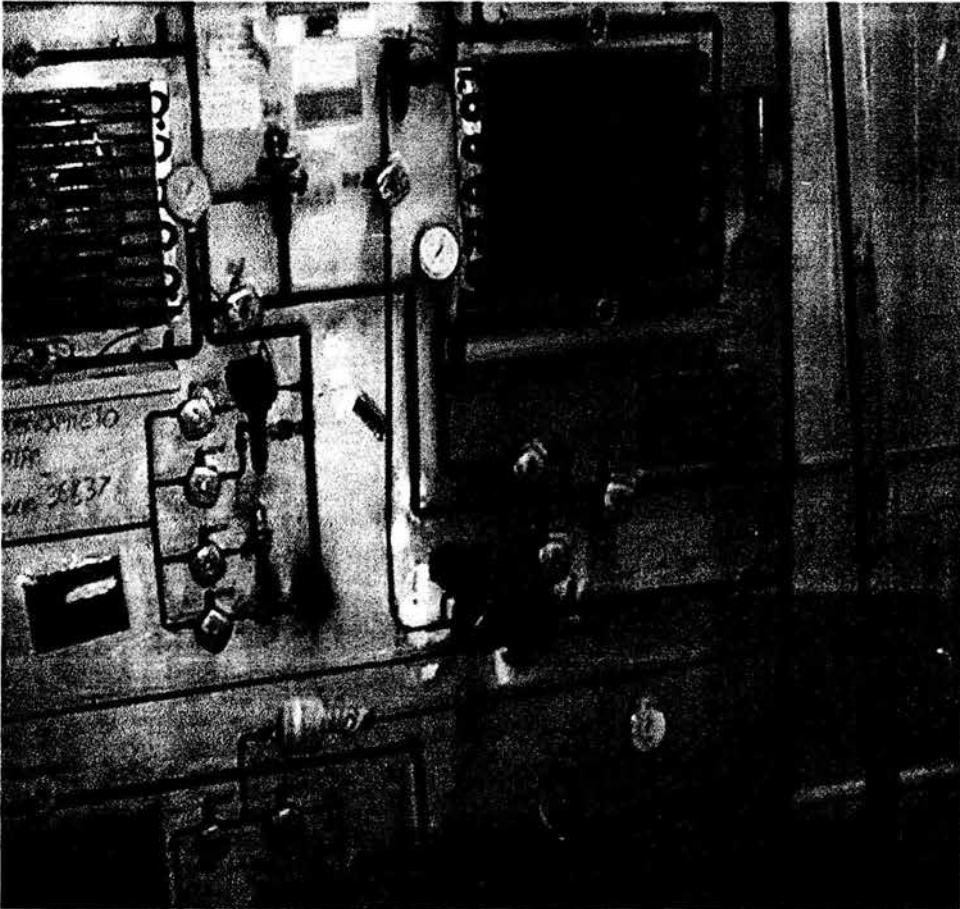


Figura 6.17. Vista general del equipo de refrigeración marca "Hampden modelo H-CRT-1A"

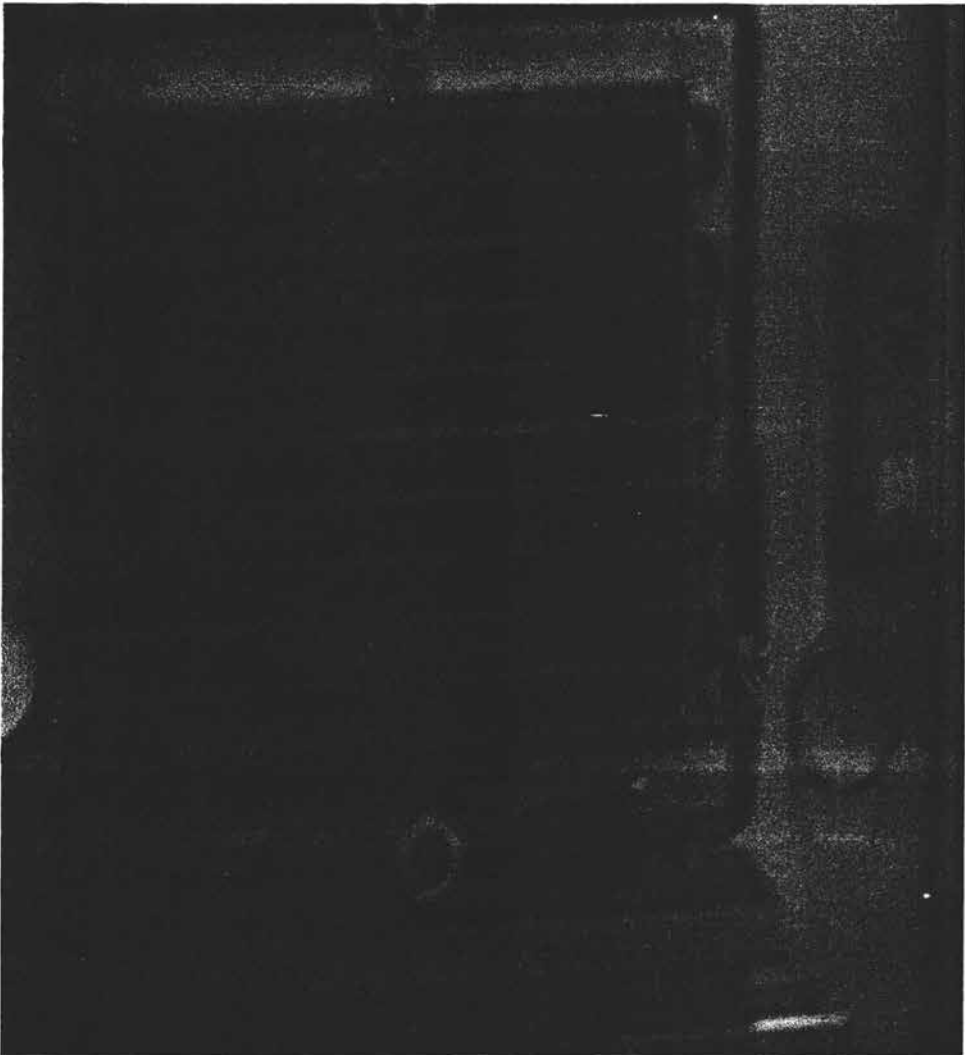


Figura 6.18. Vista del evaporador del equipo de refrigeración marca "Hampden modelo H-CRT-1A"

Equipo de entrenamiento marca Harry Mazal modelo HM-3098 , que también, a sido diseñado para proporcionar al instructor un demostrador práctico apropiado para familiarizar al estudiante con el funcionamiento de los sistemas de refrigeración comerciales.

El entrenador se a armado desde la fabrica, esta precargado y es completamente funcional. En este tipo de modelo, se cuentan en forma adicional con focos indicadores indicando una serie de 32 fallas técnicas mas comunes en equipos de refrigeración para que así el alumno pueda capacitarse en las detección de este tipo de fallas.

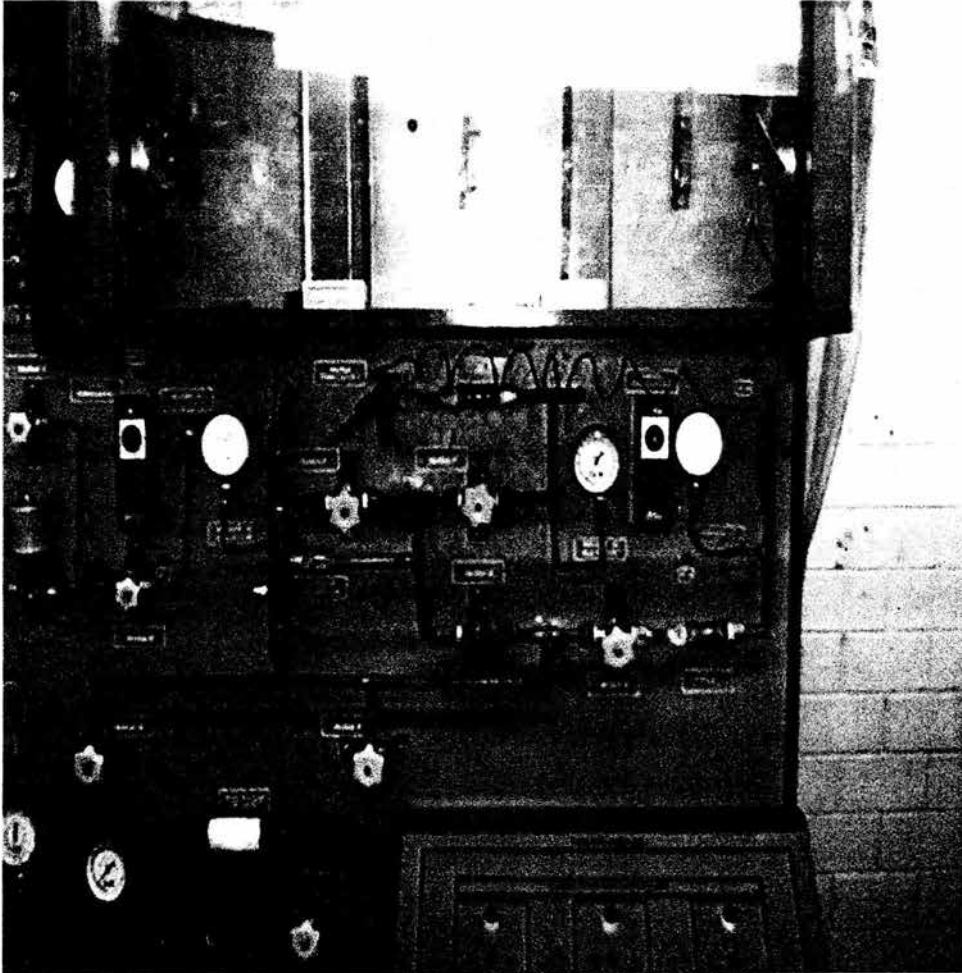


Figura 6.19. Vista de los evaporadores del equipo de refrigeración marca "Mazal modelo HM-3098"

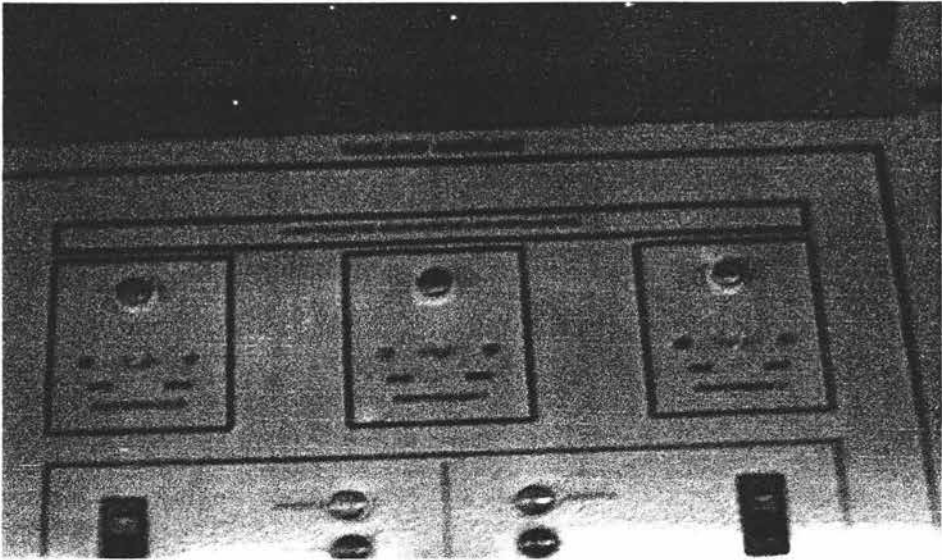


Figura 6.20. Vista del tablero de control principal del equipo de refrigeración marca "Mazal modelo HM-3098"



Figura 6.21. Vista de las diferentes válvulas de expansión del equipo de refrigeración marca "Mazal modelo HM-3098"

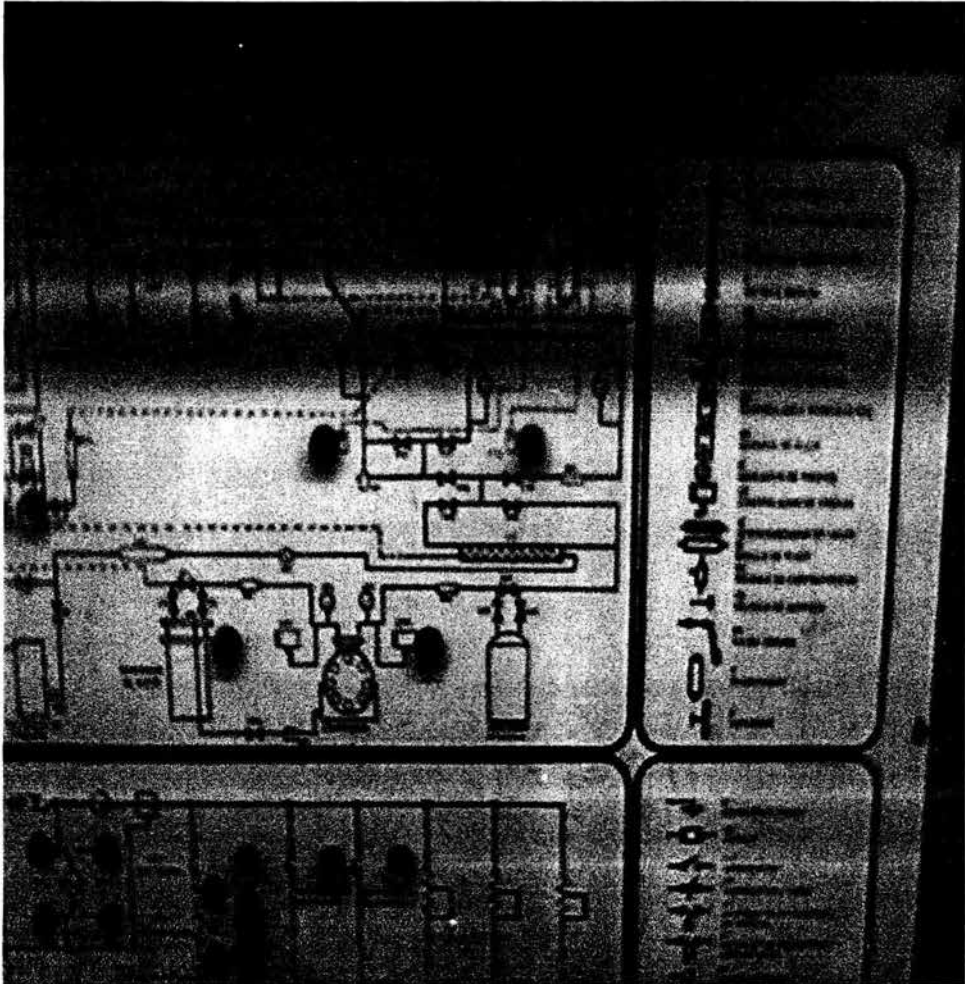


Figura 6.22. Vista del circuito eléctrico del equipo de refrigeración marca "Mazal modelo HM-3098"

Equipo de entrenamiento marca Mazal modelo HM-2000 , que también, a sido diseñado para proporcionar al instructor un demostrador práctico apropiado para familiarizar al estudiante con el funcionamiento de los sistemas de refrigeración comerciales. El entrenador se a armado desde la fabrica, esta precargado y es completamente funcional.

En este tipo de modelo, también, se cuentan en forma adicional con focos indicadores indicando una serie de 32 fallas técnicas mas comunes en equipos de refrigeración para que así el alumno pueda capacitarse en las detección de este tipo de fallas.

Aquí pudimos observar que el inconveniente de este equipo es que su base es de fibra de vidrio y cuenta con un compresor hermético, por lo que consideramos que no es muy práctico adquirirlo, da mas presentación, pero es mas frágil.

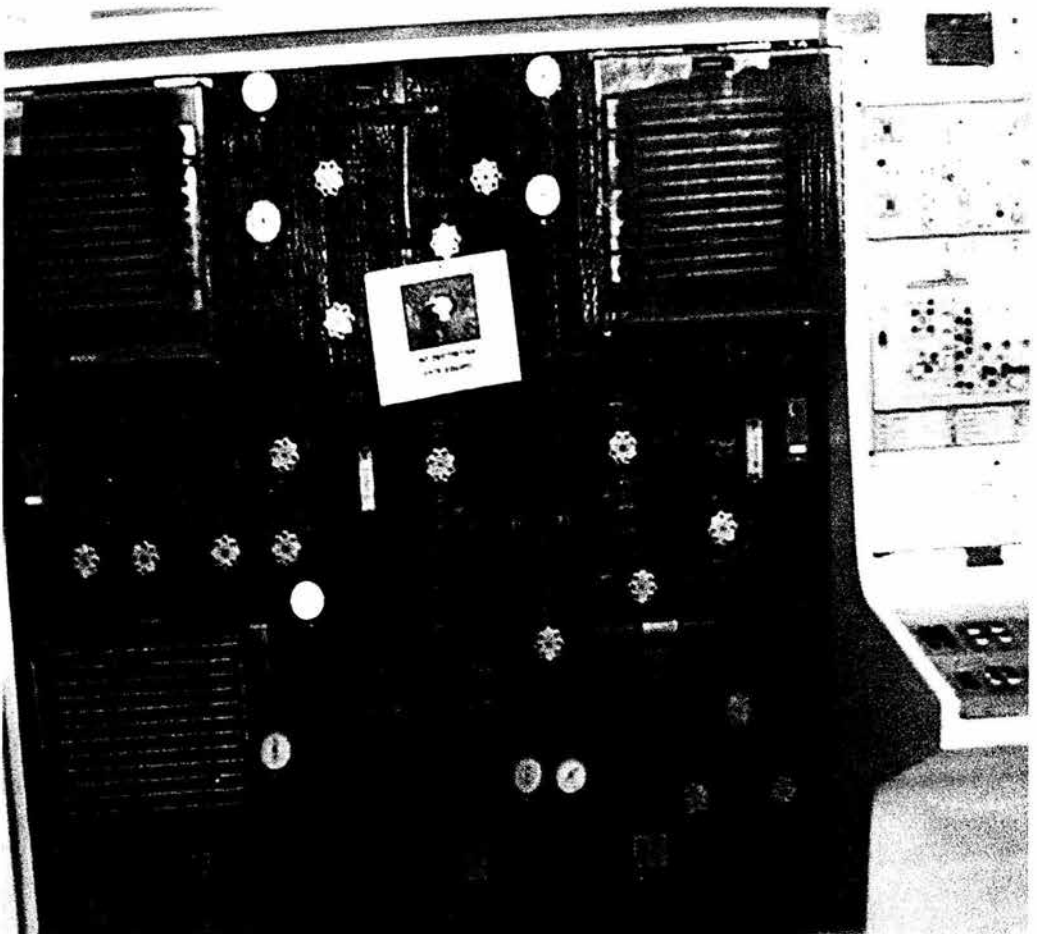


Figura 6.23. Vista general del equipo de refrigeración marca "Mazal modelo HM-2000"

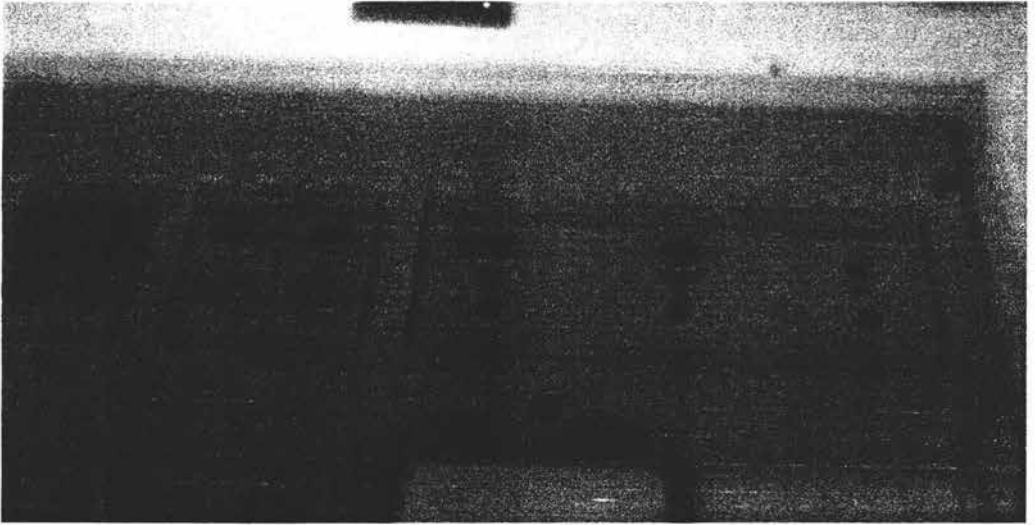


Figura 6.24. Vista del tablero de control del equipo de refrigeración marca "Mazal modelo HM-2000"

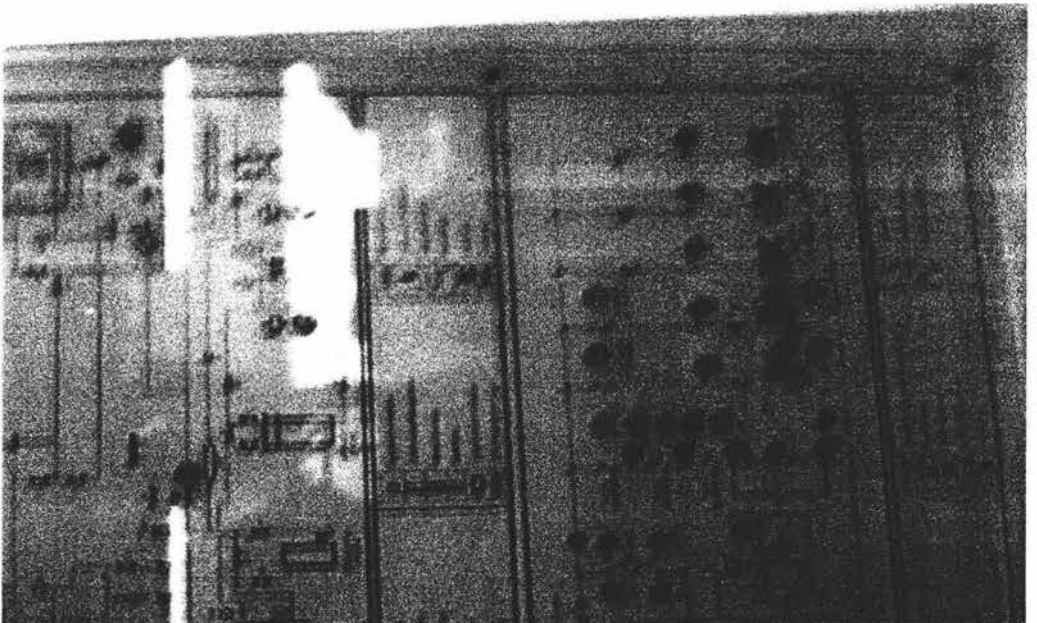


Figura 6.25. Vista del circuito eléctrico del equipo de refrigeración marca "Mazal modelo HM-2000"

Equipo de entrenamiento marca Labvolt modelo 3401, de fabricación Canadiense, que también a sido diseñado para proporcionar al instructor un demostrador práctico apropiado para familiarizar al estudiante con el funcionamiento de los sistemas de refrigeración comerciales. El entrenador también, se a armado desde la fabrica, esta precargado y es completamente funcional.

En este tipo de modelo, también, se cuentan en forma adicional con focos indicadores indicando una serie de 32 fallas técnicas mas comunes en equipos de refrigeración para que así el alumno pueda capacitarse en las detección de este tipo de fallas.

Aquí pudimos observar que el inconveniente de este equipo es que su base es de fibra de vidrio y cuenta con un compresor hermético, por lo que consideramos que no es muy práctico adquirirlo, da mas presentación, pero es mas frágil.

Por lo que pudimos investigar, que parece ser, que este es el modelo prototipo que sirvió de base para la fabricación de los equipos anteriores.

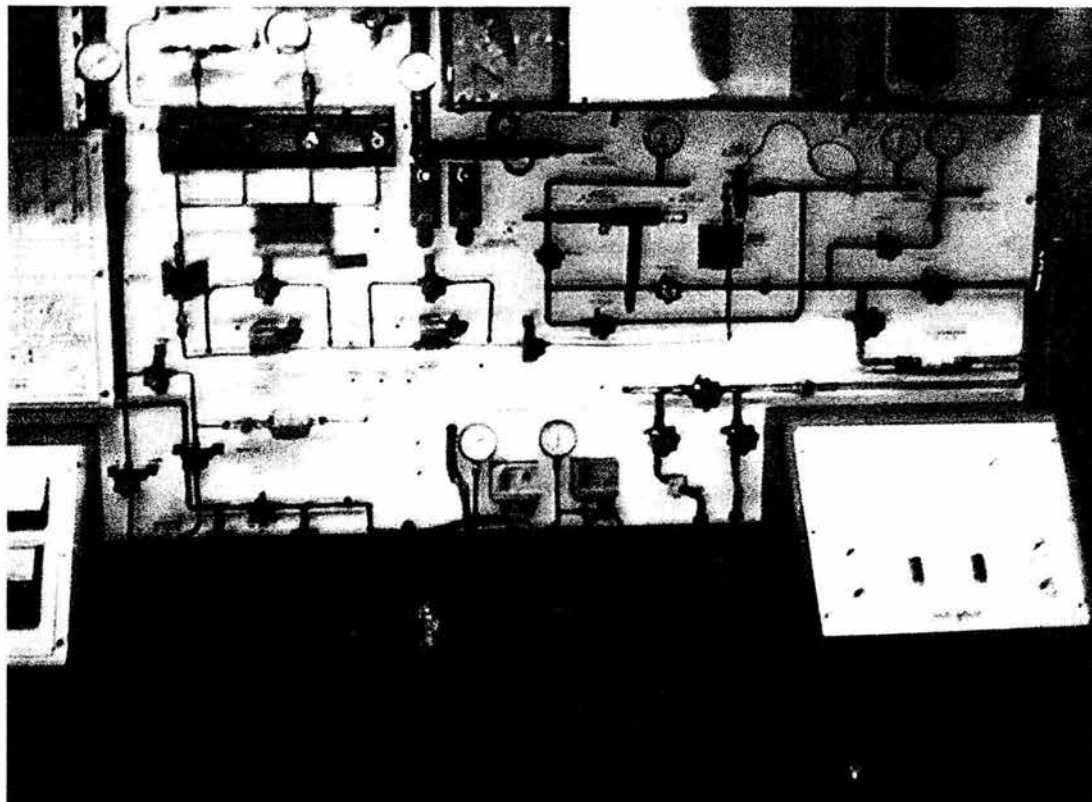


Figura 6.26 Vista general del equipo de refrigeración marca "Labvolt modelo 3401"



Figura 6.27. Vista general del tablero de instrumentación del equipo de refrigeración marca "Labvolt modelo 3401"

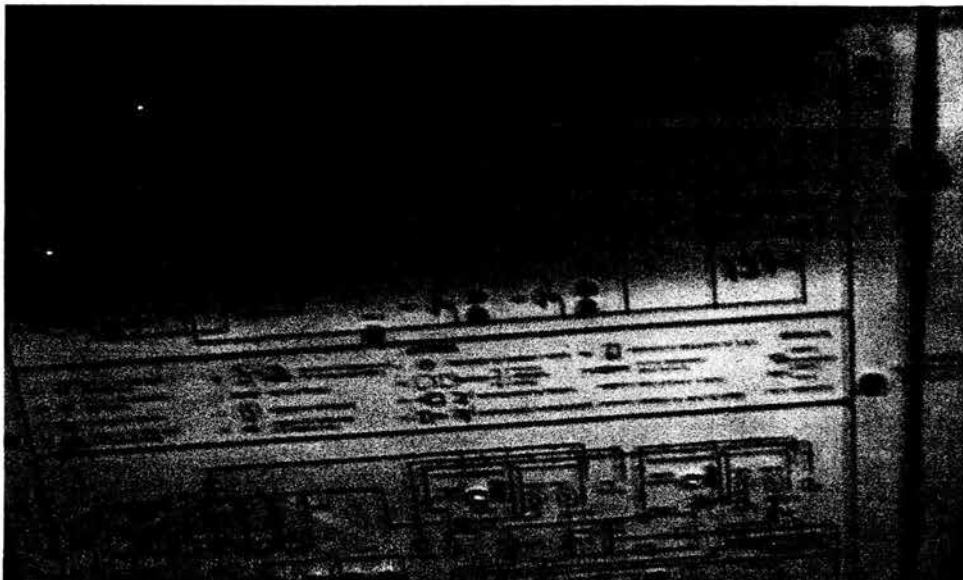


Figura 6.28. Vista general del circuito eléctrico del equipo de refrigeración marca "Labvolt modelo 3401"

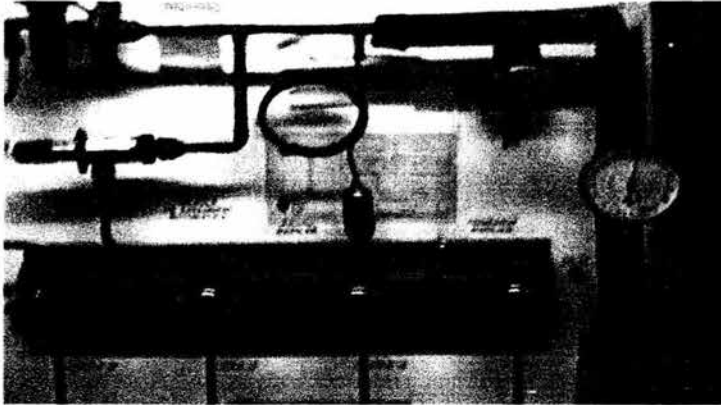


Figura 6.29. Vista de las válvulas de expansión del equipo de refrigeración marca "Labvolt modelo 3401"

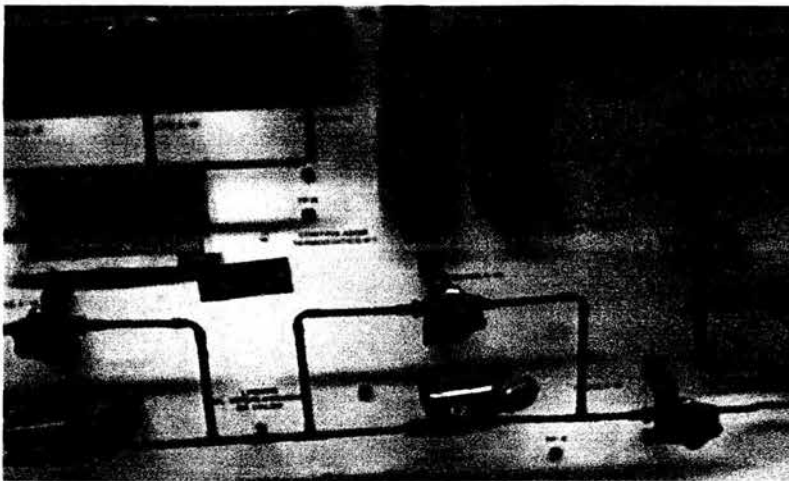


Figura 6.30. Vista de las válvulas selenoides de los evaporadores del equipo de refrigeración marca "Labvolt modelo 3401"

6.6 Comparación de costos de equipos.

Una vez que ya pudimos hacer nuestro estudio de los diferentes equipos, investigamos el precio de cada uno de los equipos estudiados y recabamos los siguientes precios.

Equipo propuesto para construirse en la ENEP Aragón.	\$ 8,790.00 m.n
Equipo que nos vende Hampden modelo H-CRT-1A	US \$ 4,000.00
Equipo que nos vende Harry Mazal modelo HM-3098	US \$ 5,000.00
Equipo que nos vende Harry Mazal modelo HM-2000	US \$ 6,000.00
Equipo que nos vende Labvolt modelo 3401	US \$ 6,000.00

Por lo que podemos concluir que si es conveniente poderlo fabricar dentro de la ENEP Aragón para un mejor aprovechamiento académico del alumnado, aparte de que parece ser que existen propuestas para hacerle mejoras por lo que podríamos acceder a un mejor equipo didáctico.

CONCLUSIONES

Una vez que se termino de redactar este trabajo de titulación y de haber hecho un análisis de lo investigado se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Se logro cubrir el objetivo, ya que este estaba organizado por dos partes: diseño eléctrico de un equipo didáctico de refrigeración y el análisis de costos para realizar la construcción y puesta en marcha del equipo de refrigeración industrial.
- Para poder realizar el diseño eléctrico es necesario tener las bases necesarias desde el punto de vista de la electricidad para comprender mejor su funcionamiento.
- Además de conocer el funcionamiento interno del proceso de refrigeración que se lleva a cabo dentro de los diferentes componentes y tuberías.
- Logramos comprender que dentro del tema de la refrigeración industrial el grado de conocimiento de los egresados de la ENEP Aragón es bajo, por lo que pensamos que este módulo didáctico tener la finalidad de familiarizar al alumno el funcionamiento de un ciclo de refrigeración industrial real, y no teórico como se ve en clases.
- Se hizo una investigación de los componentes que se necesitan para la implementación de este modulo, e hicimos su análisis de costos, aunque habrá que aclarar que estos pueden variar algo de acuerdo a la marca y el lugar donde se busque comprar, ya que también pudimos observar que mientras en un local nos ofrecían un producto a x precio, en el local de al lado lo vendían mas barato o a veces mas caro.
- En este trabajo no se investigo el aspecto de la selección de equipo, solo trabajamos con los datos que se nos proporciono para hacer el análisis de costos, ya que esto requería de un tema adicional: la carga térmica.
- Logramos contactar con otras instituciones de educación, solo que aquí omitimos sus nombres, así como de empresas que se dedican a la importación de productos, para determinar el costo que se cotiza un equipo con características semejantes y poder determinar si realmente existe un ahorro sal construirlo aquí.
- Concluimos que si los profesores, en este caso nuestro asesor, tienen el conocimiento y experiencia necesaria, podemos construir a un precio mucho mas barato este equipo y quitarnos la mentalidad de importar todo lo que necesitamos y ¿ por que no ? desarrollar nuestra propia tecnología.

BIBLIOGRAFÍA

Manual de selección de componentes de refrigeración.
“Valycontrol” 2000.

Manual de selección de componentes de refrigeración.
“Hermetik” 1999.

Manual de selección de componentes de refrigeración.
“Frigotherm” 1999.

Manrique y Cardenas.
Termodinámica
Ed. Oxford. 2002.

Burghardt M.D.
Ingeniería Termodinámica.
Ed. Oxford. 2002.

Camilo Botero.
Manual de refrigeración y Aire Acondicionado.
Ed. Prentice Hall 1987.

Huang Francis.
Ingeniería Termodinámica.
Ed. CECSA. 1994.

Cengel y Boles.
Termodinámica Tomo I y II..
Ed. Mc. Graw Hill. 1996.