

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL  
ECUADOR

Facultad de Ingeniería Automotriz

TESIS DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN  
MECÁNICA AUTOMOTRIZ



**TÚNEL EXPERIMENTAL PARA EL ANÁLISIS DE  
PROCESOS TÉRMICOS PARA SISTEMAS DE AIRE  
ACONDICIONADO.**

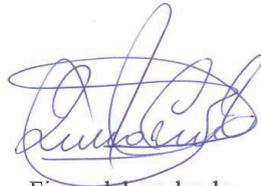
NELSON DARIO CAICEDO NAVARRETE

DIRECTOR: Ing. Milton Armando Revelo Pereira

2009  
QUITO-ECUADOR

## CERTIFICACIÓN

Yo, Nelson Darío Caicedo Navarrete, declaro que soy el autor exclusivo de la presente investigación y que ésta es original, auténtica y personal mía. Todos los efectos académicos y legales que se desprendan de la siguiente investigación serán de mi sola y exclusiva responsabilidad.



Firma del graduado

Nelson Darío Caicedo Navarrete

Yo, Milton Armando Revelo Pereira, declaro que, en lo que yo personalmente conozco al señor Nelson Darío Caicedo Navarrete, es el autor exclusivo de la presente investigación que ésta es original, auténtica y personal suya.



Firma del director del trabajo de grado  
Ing. Milton Armando Revelo Pereira

Director

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradecer a Dios por ser el apoyo fundamental en cada una de las etapas de mi vida.

Agradecer a mis padres por el amor y la fortaleza que me han brindado durante toda mi vida y ser el pilar esencial en mi educación.

A toda mi familia que fue partícipes de los logros y metas que he alcanzado durante toda mi carrera estudiantil, en especial a mis tíos y hermanos que supieron aconsejarme y apoyarme en momentos difíciles.

Al Ingeniero Milton Revelo, mi director de tesis, por apoyarme y guiarme con sus conocimientos en la elaboración de la misma, de igual forma al Ingeniero Gonzalo Mora por la importante colaboración durante la realización de mi tesis.

A todo el personal docente que día a día supieron inculcarnos de la mejor manera sus conocimientos para nosotros poder obtener bases sólidas en nuestras vidas como profesionales.

A todos mis compañeros, compañeras con los cuales crecimos día a día en nuestra vida universitaria he hicieron de la misma algo más que un sistema de estudio y a todas las personas que influyeron en la culminación del proyecto con éxito.

## DEDICATORIA

Esta tesis de grado va dedicada a mis padres por ser un ejemplo de vida por su constancia, dedicación y esfuerzo que han realizado para darme un futuro mejor dentro de una sociedad llena de retos y complicaciones. A mis hermanos que día a día estuvieron conmigo dándome su apoyo incondicional. A mi familia en general que se ha preocupado por mí dándome su apoyo en todos los momentos que he necesitado.

**GRACIAS DE TODO CORAZÓN**

## ÍNDICE

### Capítulo 1

1.-Acondicionamiento de Aire	1
1.1.- Propiedades del Aire Atmosférico	2
1.2.- Estándares de Confort	4
1.3.- Humedad del Aire	5
1.3.1.- Humedad Específica	5
1.3.2.- Humedad Relativa	5
1.4.- Temperatura de Bulbo Seco y Húmedo	6
1.4.1.- Temperatura bulbo Seco	6
1.4.2.- Temperatura de Bulbo Húmedo	6
1.4.3.- Temperatura de Punto de Rocío	7
1.5.- Cartas Psicométricas	8

### Capítulo 2

2.1.-Entalpía del Aire	10
2.1.1.- Primera Ley de la Termodinámica	11
2.2 Sistemas de Refrigeración	12
2.2.1.- Refrigeración por Absorción	15
2.2.2.- Ciclo Mecánico de Refrigeración	16
2.2.3.- Ciclo de Aire de Refrigeración	18
2.3.- Principios de Refrigeración	19

2.3.1.- Refrigeración por Hielo	20
2.3.2.- Criterio Ideal de Refrigeración	20
Capítulo 3	
3.- Componentes de Aire Acondicionado	23
3.1.- Tipos de Compresores	23
3.1.1.- Compresores Reciprocantes	23
3.1.2.- Compresores Centrífugos	26
3.2. Evaporadores	28
3.3.- Dispositivos de Control	30
3.3.1 Válvulas de Expansión	31
3.4.- Condensadores	33
3.4.1.- Condensadores Evaporativos	34
Capítulo 4	
4.- Porcentaje de Humedad Relativa	37
4.1.-Calefacción	37
4.1.1.- Calor	38
4.1.2.-Transferencia de Calefacción	38
4.1.3.- Resistencia Térmica	40
4.1.4.- Calefactores	41
4.1.5.- Tipos de Calefactores	41
4-1-6.- Control de Calefactores	43
4.1.7.- Calderas de Calefacción	43
4.1.8.- Combustibles y Combustión	44
4.1.8.1.- Combustión	44
4.1.9.- Aplicación de las Calderas	45
4.2.- Humidificación	46

4.3.- Deshumidificación	48
4.3.1.-Procesos de deshumidificación	49
4.3.1.1.- Tratamiento de Aire a la salida del compresor	49
4.3.1.2.- Tratamiento de aire en las redes de distribución	52
Capítulo 5	
5.-Construcción del Modelo de Aire Acondicionado	56
5.1.- Procesos Constructivos	56
5.1.1.- Redes de Conductos	56
5.1.2.- Parámetros	58
5.2.- Cargas de Refrigeración	59
5.2.1.- Presiones estática, dinámica y total	59
5.2.2.- Pérdidas de Carga	60
5.2.3.- Cálculo de los Conductos de Aire	62
5.2.4.- Pérdidas de carga en los accesorios	64
5.2.5.- Pérdidas de aire por fugas	66
5.3.- Materiales de construcción	67
5.4.- Rejillas y difusores	68
Capítulo 6	
6.- Funcionamiento de un túnel experimental	69
para el análisis de procesos térmicos para sistemas de aire acondicionado	
6.1.- Compresor	69
6.2.- Evaporador	70
6.3.- Condensador	71
6.4.- Válvula de Expansión	72

6.5.- Depósito	72
6.6.- Refrigerante R 134 <sup>a</sup>	73
6.7.- Niquelinas	73
6.8.- Electro ventilador	74
6.9.- Motor Eléctrico	75
6.10.- Sistema electrónico de Control de un túnel de acondicionamiento de aire	76
7.- Anexos	78
8.- Manual de funcionamiento del túnel de acondicionamiento de aire	82
9.- Manual de Programación del Control Electrónico	85
10.- Evaluación Financiera	88
11.- Conclusiones	89
12.- Recomendaciones	90
13.- Bibliografía	91
14.- Bibliografía de Gráficos	92
15.- Síntesis	93

## CAPÍTULO 1

### 1. ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

El acondicionamiento del aire ha hecho posible que el hombre pueda vivir bajo condiciones climáticas difíciles. La calefacción implica mantener una temperatura mayor que la de sus alrededores, mientras que ventilación implica el suministro de aire atmosférico y el cambio de aire en un espacio interior en cantidad suficiente para satisfacer las condiciones de vida.

El concepto de aire acondicionado o acondicionamiento del aire en un espacio definido implica la creación y mantenimiento de una atmósfera que tenga condiciones de temperatura, humedad, circulación de aire y pureza tales que se produzcan los efectos deseados por los ocupantes de ese espacio o materiales que serán ahí almacenados. Por eso puede llamarse acondicionamiento del aire al control simultáneo de los cuatro factores dentro de los límites convenientes para producir comodidad y salud a los ocupantes o cuando dichas condiciones puedan tener mejores productos industriales durante su fabricación y almacenamiento.

El acondicionamiento del aire, ya sea enfriamiento o dehumidificación del aire de verano o calentamiento y humidificación del aire de invierno, proporcionando en ambos casos circulación del aire, sea cual sea el caso se puede o no asegurar una limpieza del aire empleado. Debemos recalcar que sea cual sea la utilización

del aire en cualquiera de los casos, ya sea para calor o frío, es independiente de la época o estación del año en la que nos encontremos

El acondicionamiento del aire fue creado para generar confort y controlar los productos y maquinarias industriales. Por lo tanto cuando en invierno se calentaba el aire, producía cargas de estática al ambiente por lo cual se producían pérdidas industriales de refrigeración, razón por la cual se empezó a humidificar el aire reduciendo la posibilidad de la estática. Para el verano se utilizó la dehumidificación del aire para poder controlar la absorción de humedad.

El desarrollo del aire acondicionado ha permitido la creación de mejores condiciones de comodidad. La función más importante del aire acondicionado para producir comodidad es el abatimiento de temperatura, sea o no necesaria la dehumidificación. Un sistema de refrigeración es, por lo tanto, un auxiliar de los sistemas de aire acondicionado en donde es necesario tener temperaturas mayores o menores según sea la necesidad y según la temperatura de la atmósfera.

### 1.1. PROPIEDADES DEL AIRE ATMOSFÉRICO

El aire es una mezcla de gases, que cuando está seco tiene la siguiente composición:

Nitrógeno:	78.03 %
Oxígeno:	20.99 %
Argón:	0.94 %

Bióxido de carbono: 0.03 %

Xenón y otros gases: 0.01 %

Para el aire seco que rodea a otras ciudades, especialmente en países donde la industria es sumamente grande estas cantidades varían ligeramente. Para realizar cálculos se puede considerar que el aire seco está constituido por un 79% de nitrógeno y un 21% de oxígeno y con un peso de 77% y 23% respectivamente.

Otro constituyente importante del aire es el vapor de agua. Este generalmente se tiene como vapor sobre calentado como un gas invisible. Sin embargo cuando el aire es enfriado a cierta temperatura, el vapor de agua comienza a condensarse y puede ser visible conocido como neblina o incluso una llovizna. El contenido de vapor de agua que puede contener la atmósfera, se incrementa gradualmente cuando la temperatura aumenta. A cualquier temperatura, la cantidad de vapor de agua puede variar prácticamente desde cero hasta la cantidad máxima que corresponda dicha temperatura.

El vapor de agua contenido en el aire no sigue estrictamente las leyes que gobiernan el comportamiento de los gases, para esto se emplearon diferentes cálculos que se aproximan a estas leyes:

#### LEY DE GIBAS-DALTON

Es aplicable para mezclas de agua-aire atmosférico. Esta nos indica que en cualquier mezcla de gases, “la presión total ejercida es igual a la suma de las presiones parciales ejercidas independientemente por cada uno de los gases constituyentes. El aire atmosférico existe a una presión total que es igual a la presión barométrica (PB), y esta presión es igual a la suma de las presiones

parciales ejercidas por todos los gases, principalmente por el nitrógeno ( $P_{N_2}$ ), el oxígeno ( $P_{O_2}$ ), y el vapor de agua ( $P_s$ )”<sup>1</sup>, en términos matemáticos sería:

$$P_B = P_{N_2} + P_{O_2} + P_s = P_a + P_s$$

En esta ecuación ya no es necesario separar las presiones del nitrógeno y el oxígeno, es costumbre indicar la presión barométrica por la suma de la presión que corresponde al aire ( $P_a$ ) y la correspondiente al vapor de agua ( $P_s$ ). A la unión entre el nitrógeno y el oxígeno frecuentemente se lo llama aire seco, que por lo regular esta mezclado con el vapor de agua.

Para condiciones de saturaciones de peso de vapor de agua con un peso máximo del vapor que pueda existir en dicho espacio existen tablas específicas de vapor-agua-aire donde podemos encontrar especificaciones en determinadas temperaturas con volúmenes específicos.

## 1.2. ESTÁNDARES DE CONFORT.

La mayor parte del diseño de sistemas de acondicionamiento de aire fue creado para el confort de las personas ya sean que vivan en ambientes calientes, fríos o inclusive ambos.

El cuerpo humano es una maquina de generar calor al procesar sus alimentos, el cual es continuamente liberado al medio ambiente determinando si la persona siente frío o calor.

---

<sup>1</sup> Aire Acondicionado y Refrigeración, Burgués H. Jennings y Samuel R. Lewis, Pág. 76

Uno de los principales factores para el confort húmedo es la calidad del aire el cual tiene se refiere al grado de pureza del mismo, la cual empeora por la presencia de contaminantes como olores, humo o partículas de polvo.

### 1.3. HUMEDAD DEL AIRE.

La humedad del aire no es otra cosa que la mezcla de vapor de agua con aire seco en la atmósfera. El peso del vapor de agua se lo puede expresar en libras o en gramos que se lo obtiene en espacios determinados se llama masa específica del vapor. Existen 2 tipos de humedad: la humedad específica y la humedad relativa.

#### 1.3.1. HUMEDAD ESPECÍFICA.

Es el peso del vapor del agua expresada ya sea en libras o en gramos, asociado con el peso del aire seco (en libras o en gramos),

#### 1.3.2. HUMEDAD RELATIVA.

Es la relación parcial de la presión del vapor de agua saturada a la temperatura del aire. En temperaturas menores de 150 F<sup>o</sup> se la define mas exactamente debido a que se emplea el valor especifico de la masa del vapor de agua contenida en el aire en el y a temperatura atmosférica menores a dicho valor. La humedad relativa sigue estrictamente la ley de los gases perfectos la cual se expresa con la siguiente ecuación:

$$\phi = (P_s \div P_d)$$

Donde:

$\phi$  = Humedad relativa expresada en forma decimal

$P_s$  = Presión parcial del vapor de agua contenida en el aire

$P_d$  = Presión del vapor saturado a la temperatura del aire

$D_s$  = Masa específica del vapor de agua contenida en el aire

$D_d$  = Masa específica del vapor de agua saturada a la temperatura del aire

#### 1.4. TEMPERATURA DE BULBO

Las temperaturas de bulbo son dos por lo general y se detallan de la siguiente manera:

##### 1.4.1. TEMPERATURA BULBO SECO

La temperatura de bulbo seco es la temperatura que se puede leer en termómetros comunes y corrientes, es decir, que el bulbo seco se lo obtiene a través de la temperatura del aire se la obtiene sin ningún inconveniente.

##### 1.4.2. TEMPERATURA DE BULBO HÚMEDO

En contraste del bulbo seco tenemos el bulbo húmedo que se produce cuando el bulbo de un termómetro es cubierto por un tipo de mecha o pabilo mojado en agua el cual será desplazado por el aire no saturado, en donde el agua se evapora en proporción a la capacidad del aire para poder absorber la humedad, produciendo que sea menor a la temperatura del aire o conocido como bulbo seco.

El objetivo principal de medir y comparar los dos tipos de bulbos ya sea en seco o en húmedo es para medir con exactitud las características de la humedad del aire y eso puede lograrse mediante cálculos o mediante la utilización de cartas psicométrica.

Para medir las temperaturas ya sea de bulbo seco o bulbo húmedo se utilizan los psicrómetros, existen dos tipos de psicrómetros:

- El psicrómetro de onda consiste en dos termómetros colocados lado a lado sobre una misma placa de apoyo, en el cual el termómetro de bulbo seco esta descubierto y el termómetro de bulbo húmedo esta siempre con la mecha o pabilo humedecido con agua limpia.
- El psicrómetro de aspiración usa un pequeño ventilador para impulsar aire a través de los termómetros de bulbo seco y húmedo para obtener un equilibrio. Para poder tener lecturas confiables el termómetro de bulbo húmedo debe tener un equilibrio.

#### 1.4.3. TEMPERATURA DE PUNTO DE ROCÍO

<sup>2</sup>“Es la temperatura a la cual el vapor de agua en el aire comienza a condensar si se enfría el aire a presión constante.”

Las temperaturas de punto de rocío pueden ser medidos con instrumentos diseñados específicamente para punto de rocío, pero pueden ser medidos

---

<sup>2</sup> Acondicionamiento del Aire, Pita Robert, pág. 178.

indirectamente de las lecturas de las temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo.

### 1.5. CARTAS PSICROMÉTRICAS

Las propiedades del aire atmosférico, la relación que existe entre las mezclas de aire y vapor de agua pueden ser calculadas mediante uso de tablas o cartas específicas que de forma sencilla nos ayuda con gran información en el estudio de los procesos de acondicionamiento del aire. Dichas cartas tienen formas diferentes y cada una puede tener ventajas especiales.

Para poder explicar mejor el uso de las cartas psicrométricas utilizaremos una en especial en la cual podemos destacar la temperatura de bulbo seco en el eje X, y la temperatura de humedad específica en Y.

Las cartas pueden ser realizadas en cualquier tipo de papel a escalas que mejor convenga con utilización de tablas de propiedades termodinámicas de aire, vapor de agua y agua. Las curvas que se obtengan como resultado serán los valores de la humedad específica para varios valores de bulbo seco, que a su vez puede ser un trazo de temperaturas de bulbo húmedo y de punto de rocío ya que sus temperaturas son iguales en condiciones de saturación.

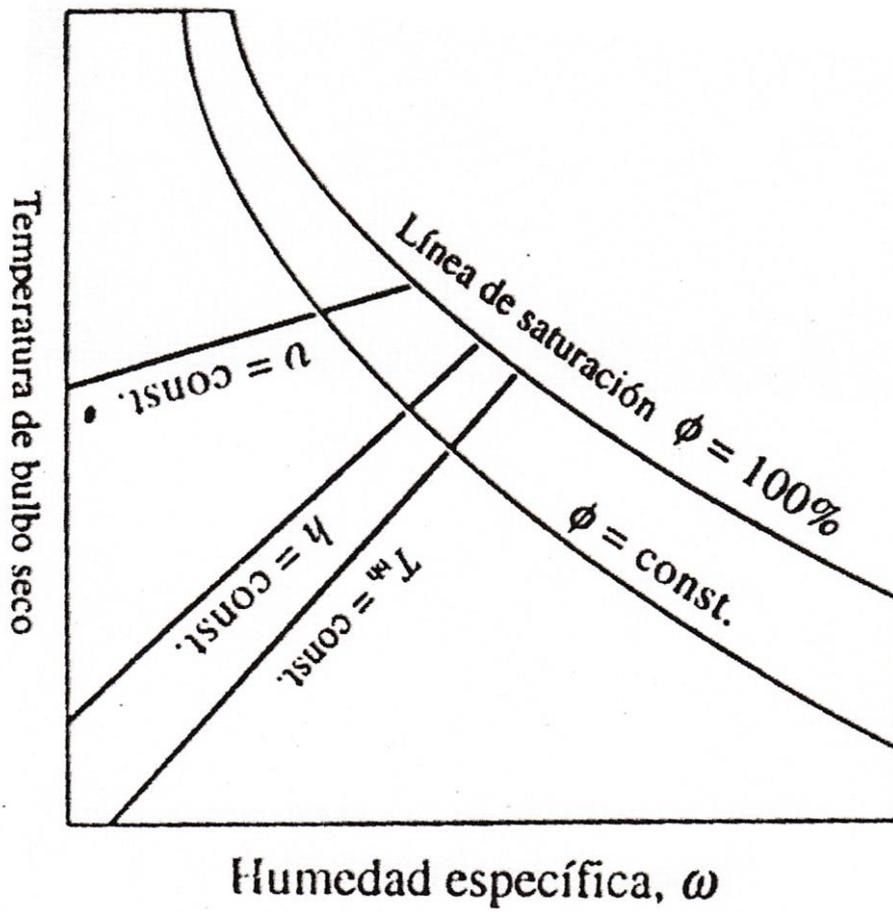


Gráfico 1.1.

Gráfico 1.1. Carta Psicométrica

## CAPÍTULO 2

### 2. ENTALPÍA DEL AIRE.

<sup>3</sup>“La entalpía del aire húmedo se encuentra sumando la entalpía del aire seco a la entalpía del vapor de agua asociado con la libra de aire seco.”

Sabemos que la energía puede clasificarse en energía transferida y energía almacenada. A su vez la energía total que un cuerpo almacena puede comprender varios tipos. La energía almacenada puede también ser de diferentes tipos como por ejemplo la energía cinética que es la energía que liberan los cuerpos a través del movimiento o velocidad del mismo. La energía potencial es la que los cuerpos almacenan debido a la posición o elevación y cuando los cuerpos almacenan energía en forma de temperatura o presión la conocemos con el nombre de entalpía.

Para las materias de aire acondicionado el nombre de entalpía no es muy conocido, se utiliza más el de transferencia o contenido de calor. La entalpía al ser una forma de energía puede medirse en BTU por libras en unidades inglesas. Es importante poder diferenciar entre temperatura y entalpía ya que la temperatura es una variante de calor de un cuerpo, en la entalpía depende estrictamente de su masa y de su temperatura. Por ejemplo <sup>4</sup>“Un crisol de acero fundido a 2500° F tiene una temperatura mucho mayor que la de un tanque de agua grande a 200° F; sin embargo la entalpía del tanque puede ser mayor a la del crisol de acero”. Esto nos demuestra que el agua posee más presión y por lo

---

<sup>3</sup> Aire Acondicionado y Refrigeración, Burgues H. Jennings y Samuel R. Lewis, Pag. 89

<sup>4</sup> Acondicionamiento de Aire, Pita, Robert, Pág. 30

tanto mayor entalpía por el mismo hecho de encontrarse almacenada aunque esta se encuentre a menor temperatura.

## 2.1. PRIMERA LEY DE LA TERMODINÁMICA

La primera ley de la termodinámica parte de un principio que rige estrictamente cuando hablamos de energías que es “La *energía no se crea ni se destruye, solo se transforma*”. En el campo del acondicionamiento del aire, calefacción y ventilación este principio también influye mucho en especial cuando se lo enuncia como un equilibrio de energía. El enunciado en este caso de energía viene dado por el cambio en la energía total de un sistema es igual a la energía agregada al sistema menos la energía eliminada del mismo. Cuando nos referimos a un sistema hablamos de un cuerpo o grupo de cuerpos encerrados en un espacio determinado para el cual se puede determinar el flujo de energía que entra o que sale. Para poder determinar el balance de energía nos basamos en la ecuación:

$$E_v = E_c - E_s$$

Donde:

$E_v$ : Variación de la energía almacenada en el sistema.

$E_c$ : Energía que se agrega o entra al sistema.

$E_s$ : Energía que sale o se elimina del sistema.

Ejemplo:

“Un radiador en un espacio determinado suministra 4000 BTU/h, el calor que sale de la habitación al exterior a una velocidad de 6500 BTU/h. ¿Qué sucederá dentro del espacio a calentar?”

Aplicamos la fórmula de la variación de energía:

$$E_v = E_c - E_s$$

$$E_v = 4000 \text{ BTU/h} - 6500 \text{ BTU/h}$$

$$E_v = -2500 \text{ BTU/h}$$

El signo negativo nos dice claramente que la energía dentro del lugar a calentar disminuye, esta pérdida de calor o entalpía hace que la temperatura del aire baje dentro del recinto.

## 2.2. SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN

En la naturaleza encontramos sustancias en tres diferentes estados o fases, estos son: sólido, líquido y gaseoso. Estas sustancias dependen de su temperatura y de su presión.

La refrigeración es el proceso de producir frío o dicho de otra manera extraer el calor, de igual manera podemos aprovechar las diferencias de temperatura para generar calor, para lo cual es necesario de energía.

El método de refrigeración más usado es el que se lo realiza por compresión, este se lo realiza mediante energía mecánica la cual comprime un gas refrigerante. Al condensar el gas que emite el calor, hace que se evapore

mediante la absorción del refrigerante llevando la temperatura a niveles inferiores, normalmente para mantener el proceso se utiliza energía mecánica pero para producir el cambio se utiliza energía eléctrica.

Un ciclo de refrigeración consta de cuatro procesos fundamentales:

a) REGULACIÓN

Este proceso o ciclo se realiza entre el condensador y el evaporador, en este proceso el refrigerante ingresa al condensador a alta presión y temperatura, dirigiéndose al evaporador mediante un regulador.

La presión del líquido se reduce o se equilibra a la presión del evaporador una vez que éste atraviesa el regulador de presión, cuando esto ocurre la temperatura de saturación del refrigerante entra al evaporador donde será enfriado.

b) EVAPORACIÓN

En el evaporador el líquido se vaporiza a temperatura y presión constante gracias al calor latente suministrado por el refrigerante que cruza a través del evaporador, todo refrigerante se vaporiza completamente en el evaporador y se recalienta al final del mismo. Aunque la temperatura del vapor aumenta un poco al final del evaporador debido al sobrecalentamiento, la presión se mantiene constante.

c) COMPRESIÓN

Debido a la acción del compresor, el vapor resultante de la evaporación es aspirado por el evaporador por la línea de aspiración que se dirige hasta la

entrada del compresor. En el compresor, la temperatura y presión del vapor aumenta considerablemente debido a la compresión, el cual hace que el vapor en altas temperaturas y presiones es devuelto por la línea de expulsión o retorno.

#### d) CONDENSACIÓN

En este proceso el vapor atraviesa la línea de expulsión o retorno hacia el condensador en donde se libera el calor hacia el exterior. Cuando el vapor haya prescindido de su calor adicional, su temperatura se reduce a su nueva temperatura de saturación que corresponde a su nueva presión. Cuando se libera el calor el vapor se condensa completamente razón por la cual es enfriado.

*\* Para entender mejor los sistemas de refrigeración nos vamos a basar en diferentes tipos:*

#### 2.2.1. REFRIGERACIÓN POR ABSORCIÓN

El método de refrigeración por absorción se lo utiliza solo cuando existe una fuente de calor residual, debido a esto la producción de frío es mucho más económica y ecológica pero su rendimiento es menor. Para estos sistemas se utiliza energía térmica. En este proceso el refrigerante no es comprimido mecánicamente sino absorbido por un líquido solvente en un proceso llamado exotérmico y transferido a un nivel superior con la ayuda de una bomba. La energía que se necesita para aumentar la presión mediante una bomba no se

puede compararse con la energía que se necesitaría para comprimir un gas dentro de un compresor. A una presión superior el refrigerante es evaporado del líquido solvente en un proceso endotérmico, o sea mediante calor. A partir de este punto el proceso de refrigeración es igual a un sistema de refrigeración por compresión, Por esto, al sistema de absorción y desorción se le denomina también "compresor térmico.

En este sistema de refrigeración, al igual que en el de compresión se aprovecha que ciertas sustancias absorben calor al cambiar de estado líquido a gaseoso, En el caso de los ciclos de absorción se basan físicamente en la capacidad de absorber calor que tienen algunas sustancias, tales como el agua y algunas sales. Detalladamente, el refrigerante se evapora en un intercambiador de calor, conocido como evaporador, el cual enfría un fluido secundario, para acto seguido recuperar el vapor producido disolviendo una solución salina o incorporándolo a una masa líquida.

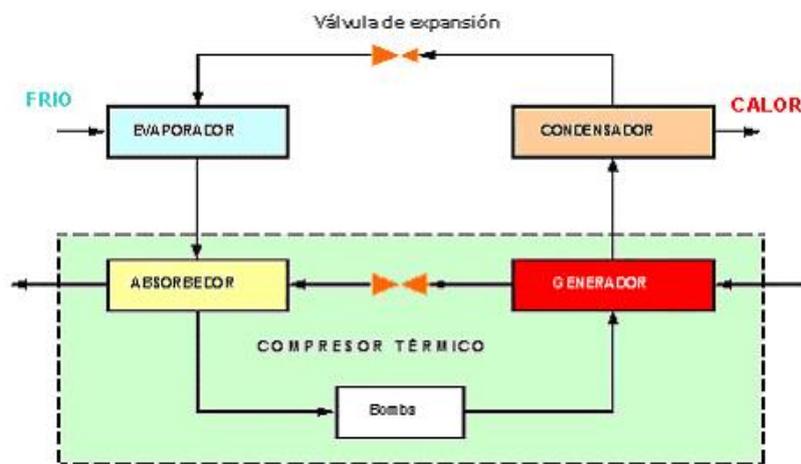


Gráfico. 2.2.1. Ciclo de refrigeración por absorción

### 2.2.2. CICLO MECÁNICO DE REFRIGERACIÓN

Cuando un sólido realiza un cambio de estado ya sea líquido o gaseoso, absorbe calor de sus alrededores o de otras fuentes, también un líquido al vaporizarse debe absorber calor.

Es por eso que la refrigeración mecánica controla la presión y la temperatura de refrigerantes en ebullición y también hace posible usar repetidas veces el mismo refrigerante con poca o ninguna pérdida de este. De forma teórica casi cualquier líquido estable no corrosivo puede usarse como refrigerante si este es apropiado para las condiciones deseadas de presión y temperatura.

El ciclo de enfriamiento mecánico posee varias partes que pueden ser utilizadas en el método de absorción. En el evaporador, al vaporizarse, el líquido refrigerante absorbe el calor del agua o directamente del lugar que va a ser enfriado. El vapor refrigerante de baja presión es obligado a ir hacia el compresor, en el cual eleva la presión y temperatura del vapor para entregarlo después al condensador. El refrigerante debe ser comprimido lo suficiente para tener una temperatura de saturación mayor que la temperatura del medio usado para enfriarlo, de esta manera que se tenga disipación de calor en el condensador. Después de efectuada la eliminación de calor y la condensación en el condensador el líquido refrigerante puede pasar a un receptor o depósito para almacenamiento. El líquido refrigerante de alta presión atraviesa luego por una válvula de expansión donde se efectúa un estrangulamiento hasta la presión que se tiene en el evaporador del sistema. Durante el paso a través de la válvula de expansión se enfría el líquido refrigerante a expensas de la evaporación de una parte del líquido. En un sistema de refrigeración, el vapor de la presión baja que se tiene en el evaporador es determinado por la temperatura que se desea

mantener en el espacio enfriado. La presión alta en el condensador es determinada en última instancia por la temperatura disponible del medio enfriador, como por ejemplo el agua o el mismo aire atmosférico. El proceso se debe verificar de un modo riguroso debido a que el refrigerante absorbe calor a baja temperatura y, debido a la acción de un trabajo mecánico, el refrigerante eleva su temperatura permitiendo el rechazo de este calor. El medio usado para elevar la temperatura del compresor es netamente energía mecánica la cual es utilizada para elevar la temperatura del sistema.

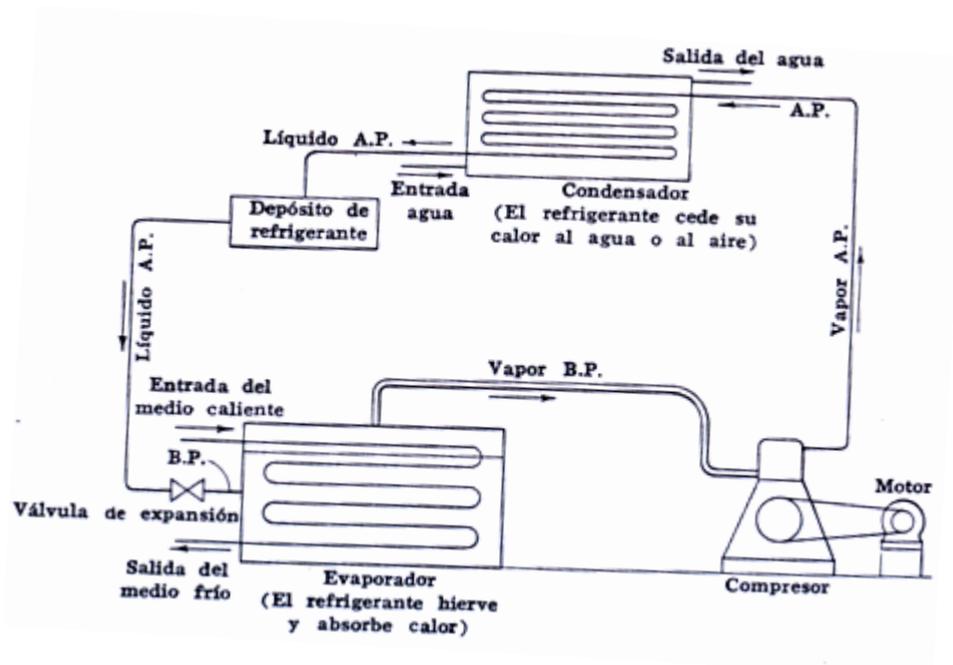


Gráfico 2.2.2. Elementos de Refrigeración Mecánica

### 2.2.3. CICLO DE AIRE DE REFRIGERACIÓN

Antes de la fabricación de refrigerantes halogenados hidrocarbonatos de poca o ninguna toxicidad, se usaron los sistemas ciclos de aire, con la seguridad absoluta de no tener ningún posible escape de sustancias tóxicas. Comparando los sistemas mecánico vapor - líquido los sistemas de aire eran muy voluminosos

y pesados, su potencia por tonelada era muchas veces mayor que para los sistemas de vapor, su sistema de enfriamiento trabajaban a una temperatura fija pero se calentaba sobre una cierta gama de temperaturas. Muchos de los sistemas de aire más antiguos eran cerrados y se llamaban sistemas de aire denso. Este sistema podía usar una planta físicamente pequeña en tamaño ya que el aire permanecía comprimido en todos los pasos del ciclo, y poco a poco se fue eliminando el problema de humedad, por ejemplo un sistema de aire cerrado.

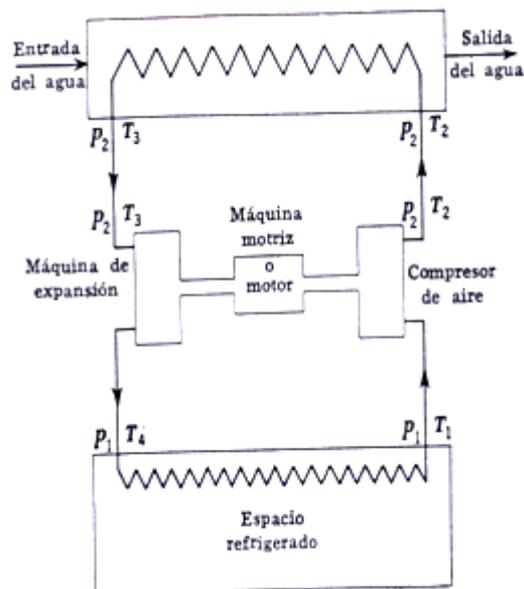


Gráfico 2.2.3. Sistema de Refrigeración en un circuito Cerrado

### 2.3. PRINCIPIOS DE REFRIGERACIÓN

Los principios de refrigeración se basan en sistemas de control ambiental que comprenda enfriamiento y deshumidificación, el cual necesita un medio para eliminar el calor de los espacios que deseen una temperatura controlada. Debido a que el calor solo fluye de la temperatura mayor a la menor, se debe tener

disponible un fluido con una menor temperatura que la del diseño de un espacio determinado.

### 2.3.1. REFRIGERACIÓN POR HIELO

Uno de los métodos más antiguos de refrigeración fue la fusión del hielo y de la nieve que incluso hasta el día de hoy se lo sigue utilizando. El Hielo o la nieve se funden a 32 ° F, de tal manera que cuando se coloca el hielo en un ambiente a más de 32 ° F el calor fluye hacia el hielo y el espacio es refrigerado o enfriado. La capacidad del hielo para absorber calor se debe al hecho que cuando el hielo pasa a estado sólido a líquido, el calor latente de fusión debe ser suministrado de sus alrededores.

Otro medio de refrigeración es el bióxido de carbono sólido o conocido como hielo seco, a presión atmosférica no puede existir el bióxido de carbono en estado líquido, y, en consecuencia, cuando existe CO<sub>2</sub> en estado sólido y absorbe calor, este se sublima o pasa directamente del estado sólido al de vapor. A presión absoluta, el hielo seco es muy apropiado para refrigeración a bajas temperaturas.

El agua fría es muy usada para enfriamiento en instalaciones de aire acondicionado de tamaño pequeño. En la mayoría de estas instalaciones, el agua era refrigerada atomizándola y haciéndola escurrir sobre el hielo para después usarla en el quipo de acondicionamiento. En los sistemas de hielo diseñados para carga variable la velocidad de fusión del hielo seguirá

aproximadamente las variaciones de la carga de enfriamiento y la eficiencia no se reducirá mucho para cargas ligeras.

### 2.3.2. CRITERIO IDEAL DE REFRIGERACIÓN

Para el análisis termodinámico se utiliza ampliamente el criterio de Carnot, como una norma de comparación contra el rendimiento de una máquina generadora de energía ya sea esta una turbina o motor. Para efectos de comparación utilizando el criterio de Carnot, se considera al sistema ideal de refrigeración constituido como una máquina de calor invertido o bomba térmica. El criterio en esta forma convencional presupone dos niveles de temperatura constante para cambio de calor y dos procesos adiabáticos reversibles, para ninguno de los cuales su realización es completa. No obstante la eficiencia de Carnot se presenta como una medida de máximo rendimiento.

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

$$\text{Eficiencia} = \frac{Q_c - Q_r}{Q_c}$$

Donde:

Tc: Temperatura mayor del sistema.

Qc: Calor intercambiado a Tc.

Tr: Temperatura menor del sistema.

Qr: Calor intercambiado a Tr.

Los valores de  $Q_c$  y  $Q_r$  pueden expresarse en cualquier unidad consistente, y  $T_c$  y  $T_r$  están expresadas en grados absolutos, grados ranking (grados Fahrenheit+460). El ciclo puede mostrarse en un plano de temperatura-entropía, este plano es muy importante ya que en el mismo se puede expresar magnitudes de intercambio de calor.

## CAPÍTULO 3

### 3. COMPONENTES DE AIRE ACONDICIONADO

#### 3.1. TIPOS DE COMPRESORES.

La mayoría de los compresores trabajan reduciendo el volumen de un gas en el espacio confinado y con ello aumentan su temperatura. Existen varios tipos de compresores: reciprocantes, rotatorios y de tornillo, estos son compresores de desplazamiento positivo. Los compresores centrífugos trabajan aumentando la energía cinética del gas, la cual se convierte en aumento de presión al reducir la velocidad.

##### 3.1.1. COMPRESORES RECIPROCANTES

Estos compresores son los más usados, y se consiguen en diversos tamaños y potencias fraccionarias. La construcción es semejante a la de motores reciprocantes de los vehículos, es decir, con pistones, cilindros, válvulas, bielas y cigüeñal.

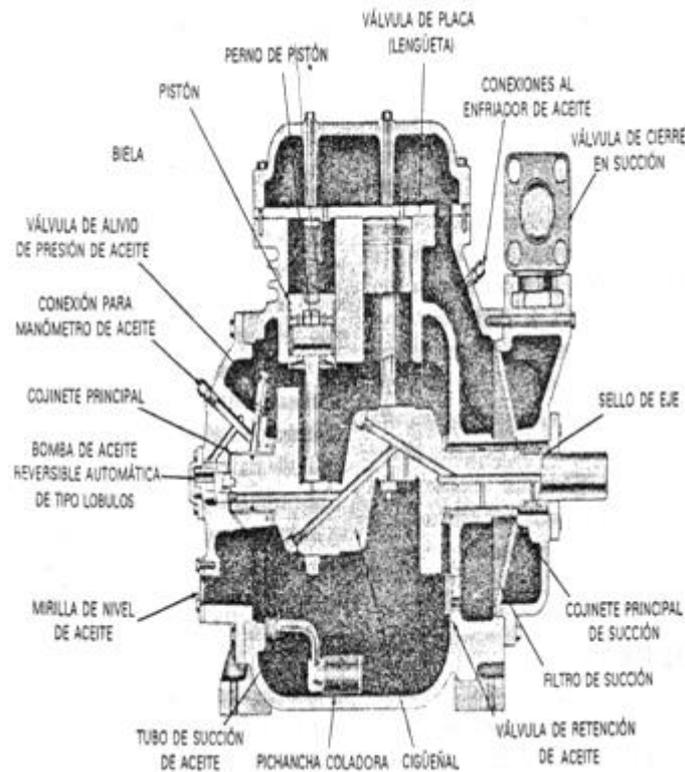


Gráfico 3.1.1. Compresor Recíprocante

Las válvulas de succión y descarga en general son de placa delgada, o conocida como lengüeta, la cual abre y cierra fácil rápidamente. Los componentes abiertos tienen un eje al descubierto, al cual se fija extremadamente un motor eléctrico u otro impulsor. Los compresores herméticos se fabrican con el compresor y el motor dentro de una caja sellada, en la cual no se permite la fuga del refrigerante. En la mayor parte de los compresores modernos abiertos, se usan sellos mecánicos en lugar de sellos mediante empaques.

Los compresores recíprocentes son con frecuencia impulsados por motores conectados a través de bandas múltiples, en un compresor se puede variar la capacidad de refrigeración en relación a su carga, esto se lo puede hacer de la siguiente manera:

- a) Desviando gas del lado de alta presión del compresor al lado de baja presión del compresor.
- b) Por desviaciones internas en el compresor, manteniendo abiertas una o varias válvulas de succión.
- c) Estrangulando la cantidad de gas de succión que llega al compresor.
- d) Con motores de velocidad variable.

Actualmente el método más usado es el de desviación, pero es menos conveniente el desviar el gas directamente de la línea de alta presión al lado de succión del compresor. Bajo la acción de una válvula de solenoide se puede efectuar la desviación de los gases que salen de la descarga del compresor de tal manera que se detenga la entrega del refrigerante a un cilindro del compresor, reduciendo así la capacidad del compresor. Los requisitos de potencia del compresor pueden ser casi del mismo valor con desviación abierta o cerrada. Con la desviación abierta los requisitos de potencia pueden variar de 65 a 90 % del valor normal.

Un segundo método más conveniente es un arreglo con el cual permanece abierta la válvula de succión del cilindro de tal modo que la carga de gas simplemente se regresa y vuelve al cilindro. Esto hace que el cilindro del compresor se vuelva inoperante hasta que tenga nuevamente entrada de gas.

La estrangulación es un método de control que no se debe utilizar debido a que la presión de la succión puede causar espumeo del aceite del carter de cigüeñal y también causar que este sea bombeado fuera del compresor.

La variación de la velocidad para el control de la capacidad generalmente no se aplica a motores de corriente alterna, sin embargo es posible tener un motor

especial de dos velocidades y producir una reducción de 50 % en la velocidad. Con motores de corriente directa se puede obtener velocidades variables, pero comúnmente no se dispone de este tipo de compresores a corriente directa.

### 3.1.2. COMPRESORES CENTRÍFUGOS.

Los compresores centrífugos son máquinas dinámicas y como tal puede impartir energía solo por medio de un impulsor, el cual acelera al fluido que pasa a través de él. Este tipo de compresores poseen paletas que giran dentro de una carcasa, de modo semejante a las bombas centrífugas, estos impulsores aumentan la velocidad del gas, la cual aumenta la presión al disminuir la velocidad. Debido a su naturaleza los compresores centrífugos tienen una capacidad muy grande de 10000 toneladas, y sus impulsores pueden girar hasta velocidades de 20000 rpm, lo que permite el manejo de grandes cantidades de refrigerante.

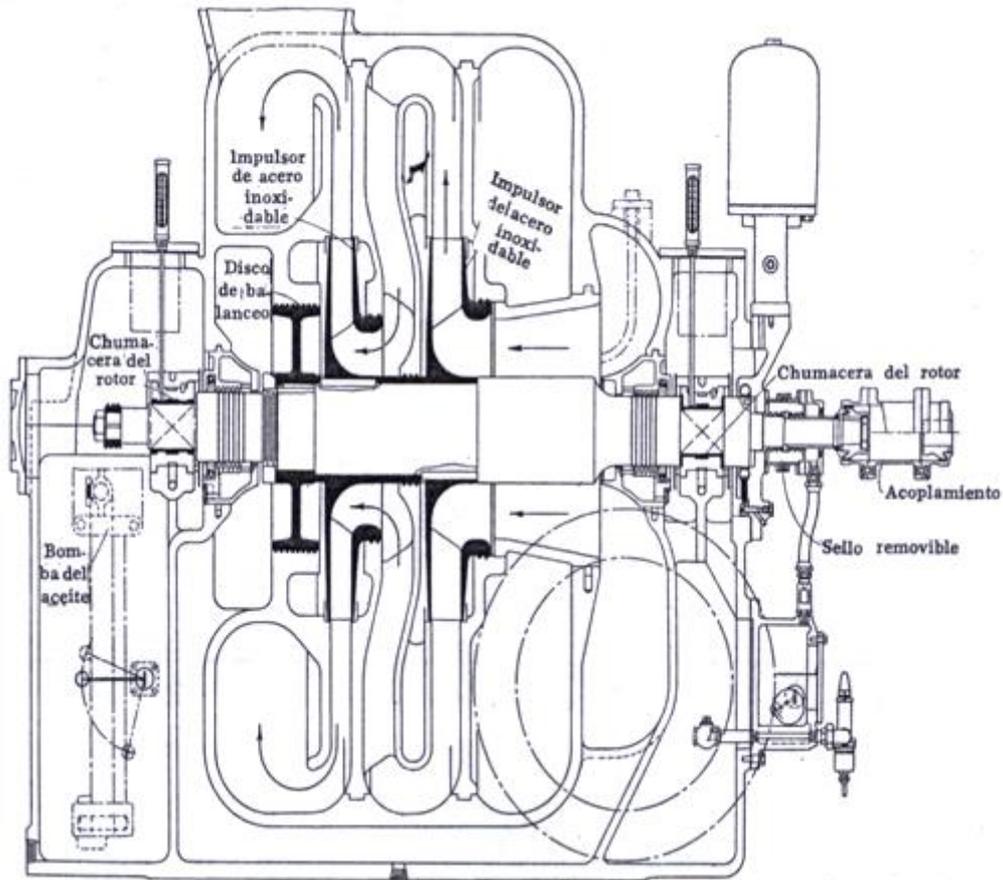


Gráfico 3.1.2. Compresor Centrifugo

Los compresores centrífugos están más limitados en la gama de presiones que desarrollan con respecto a los compresores recíprocos, pero manejan efectivamente grandes volúmenes de gases y pueden manejar los llamados refrigerantes de vacío incluyendo el vapor de agua.

El refrigerante de los compresores centrífugos se vaporiza en el evaporador, estos al absorber el calor hace que el agua fluya a través de los tubos. El vapor pasa por placas eliminadoras las cuales regresan cualquier líquido que ahí se tenga hasta que llegue al lado de succión, aquí el vapor pasa a velocidad muy aumentada debido a la rotación del impulsor. Cuando el vapor sale se tiene una difusión del mismo debido a que en la parte interior del compresor existe un

ensanchamiento lo que provoca que la velocidad disminuya y aumente la presión.

### 3.2. EVAPORADORES.

Los evaporadores para refrigeración se clasifican de acuerdo con la forma en que son usados, es decir, mediante expansión directa o expansión indirecta. Un evaporador directo es aquel en el cual el refrigerante hierve en los serpentines del evaporador, y por contacto directo enfría al aire o a la sustancia que esta siendo refrigerada. En un evaporador de expansión indirecta, el agua se enfría por el refrigerante el cual es bombeado para quitar la carga térmica del aire o de algún otro producto.

Los dos sistemas de evaporación tiene ventajas, en sistemas de bajas temperaturas, la salmuera se entrega desde un punto central a los diferentes puntos donde se necesite. Una desventaja es el equipo extra que se utiliza en la expansión indirecta y las temperaturas bajas necesarias en el evaporador para mantener ciertos productos a temperaturas ambiente cuando también puede usarse expansión directa.

Los evaporadores para enfriamiento de agua u otros líquidos se llaman enfriadoras y existen dos tipos. En el tipo de coraza y tubo se encierra un haz de tubos rectos en una coraza cilíndrica.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN



Gráfico 3.2. Enfriadora inundada

La enfriadora también puede ser de tipo de inundado, en el cual el agua circula por los tubos y el refrigerante por la coraza. La coraza se puede construir de una pieza o se pueden fabricar con extremos atornillados y desmontables llamados cabezas.

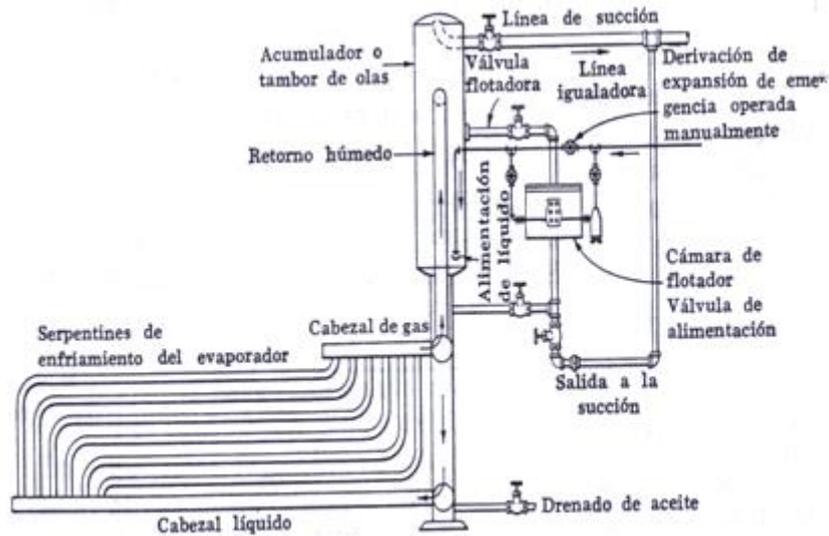


Gráfico 3.2.1. Diseño de un Evaporador Inundado

### 3.3. DISPOSITIVOS DE CONTROL.

Existen varios tipos de dispositivos de control para sistemas de acondicionamiento de aire, los principales dispositivos son:

#### 3.3.1. VÁLVULAS DE EXPANSIÓN.

Las válvulas de expansión vienen dadas en varios tipos:

##### a) VÁLVULAS MANUALES.

Son muy simples ya que su vástago termina en forma de punto o de cono y son operadas manualmente para suministrar una cantidad adecuada de refrigerante.

##### b) VÁLVULAS AUTOMÁTICAS CON FLOTADOR.

En estas válvulas el flotador va en el lado de alta presión y son instaladas en tuberías con trampas de vapor operadas con flotador y entregan todo el líquido que viene del condensador hacia el evaporador. La carga de refrigerante en un sistema con válvula automática de flotador, debe ser tal que el líquido pueda almacenarse en el evaporador sin peligro de enviar burbujas hacia el compresor.

##### c) VÁLVULAS DE EXPANSIÓN TÉRMICA.

Son de varios tipos pero en todas tiene un bulbo termostático sujeto al bulbo de succión o montado interiormente en dicho tubo, el cual reacciona con la temperatura del gas en la succión a la salida del evaporador. Si la velocidad

del flujo refrigerante hacia el evaporador es inadecuada, se indicará una temperatura del refrigerante en la salida y es mucho mayor que la temperatura de la saturación del refrigerante en el evaporador. Esta temperatura relativamente alta hace reaccionar al fluido del bulbo termostático aumentando su presión. Este aumento de presión se transmite a la cámara de diafragma operando contra la resistencia de un resorte y empujando el vástago para abrir la válvula de aguja del refrigerante dejando pasar una cantidad mayor de líquido. Estos controles pueden ajustarse después de efectuada la instalación a una temperatura definida. Puede ser necesario dar un sobrecalentamiento de 3 a 20 ° al flujo a las velocidades que se tengan. Generalmente el fluido termostático usado en el bulbo es el mismo refrigerante que se utiliza en el sistema.

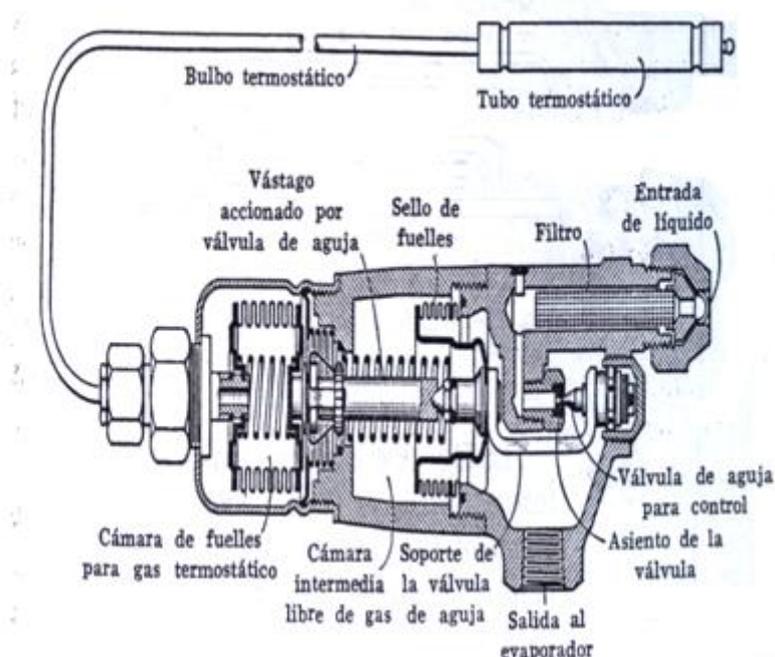


Gráfico 3.3.1. Válvula de Expansión Térmica

d) VÁLVULA AUTOMÁTICA CON DIAFRAGMA.-

Tienen diafragmas conectados a resortes que están actuados por la presión del evaporador. Una disminución de esta presión sobre el diafragma no puede evitar que el resorte mas alejado tenga movimiento y se utiliza este movimiento para aumentar la abertura reducida de la válvula, lo que permite un mayor flujo del refrigerante. Este tipo de válvula opera para conservar la presión de succión constante y esta se llama válvula de presión de regreso constante.

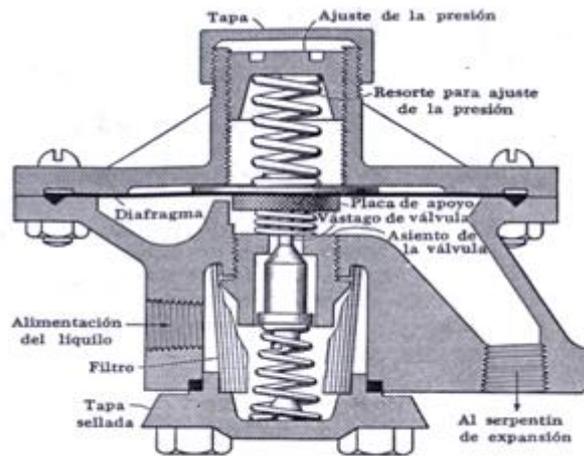


Gráfico 3.3.2. Válvula de Expansión con Resorte

e) VÁLVULAS AUTOMÁTICAS OPERADAS ELECTRÓNICAMENTE.

Son usadas como válvulas de expansión y están conectadas a circuitos de relevación controlados termostáticamente. En las mismas generalmente se tiene un solenoide que mantiene abierta la válvula contra un resorte, el que cierra la válvula al interrumpirse el circuito eléctrico.

#### f) TUBO CAPILAR.

Es un tubo de diámetro muy pequeño y longitud considerable, que con ello origina la caída de presión que se necesite. Se lo utiliza con frecuencia en las unidades pequeñas como refrigeradores domésticos

### 3.4. CONDENSADORES.

Las unidades de condensadores para refrigeración son construidas de muchas formas y diseños. La tendencia es usar tubos con coraza en posición horizontal o vertical. Estos condensadores son similares en apariencia a los evaporadores de tubos en cubierta y la circulación por dentro de los tubos puede ser en un solo paso o en pasos múltiples. Los cabezales de los condensadores deben ser fácilmente removibles para la limpieza del sarro y desechos que se acumulan en el lado del agua.

Los condensadores de doble tubo se usaron extensamente, el agua pasa por el interior de los tubos y el vapor refrigerante se condensa en el espacio que se tiene entre los dos tubos. Estos son muy efectivos pero requieren juntas muy elaboradas en los extremos de cada tubo para su conexión.

Los llamados condensadores de tipo atmosférico, el agua baja pasando por el exterior de los tubos, los cuales generalmente se los instala en el exterior de los techos pero actualmente ya no se los utiliza debido a la gran superficie que requieren para su instalación.

### 3.1.1. CONDENSADORES EVAPORATIVOS.

Son muy efectivos, tienen superficies con aletas, estos regulan el agua atomizada que se utiliza y se tiene circulación forzada del agua y del aire. En este tipo de condensadores el vapor del compresor se suministra a un banco de tubos con aletas cerradas en un gabinete metálico. Una bomba hace que circule el agua desde un depósito en el fondo del gabinete y atomizándola sobre los tubos. Los ventiladores hacen que circule grandes cantidades de aire por la parte inferior de los gabinetes. Dicho aire sube rodeando los tubos mojados del condensador y se evapora en el aire una parte del agua. La humedad en las superficies y la rapidez con la que el aire se mueve producen una transferencia de calor muy efectiva, permitiendo una gran capacidad de condensación en un espacio muy compacto. En una torre de enfriamiento en la que el agua fluye hacia abajo y el aire hacia arriba, la temperatura del agua de enfriamiento puede aproximarse a la temperatura de bulbo húmedo del aire que entra a la torre. En un condensador evaporativo el agua atomizada que es de recirculación sale por la parte inferior a temperatura cuyo valor está entre la temperatura de bulbo húmedo del aire original y la temperatura a la cual el refrigerante se condensa en los tubos.

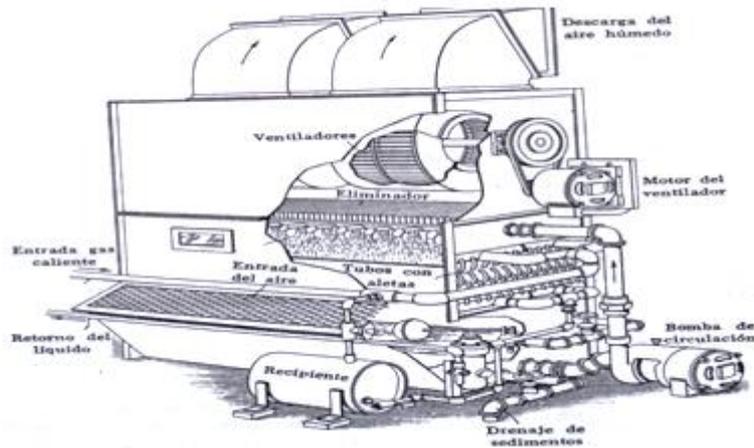


Gráfico 3.3.3. Condensador Evaporativo

Comúnmente se utiliza agua de recirculación para enfriamiento de los condensadores, debido al alto costo que ocasionaría utilizar agua de la ciudad y la sobrecarga que resultaría el flujo de agua que se utilizaría se reduciría en el condensador. Si se usan evaporadores evaporativos, torres de enfriamiento o condensadores similares, el agua de repuesto es de 4 a 8% del agua necesaria cuando se la use directamente. En algunos casos el agua que pasa por el condensador puede ser utilizada para servicios públicos pero rara vez se obtienen buenos resultados. La disipación de calor del agua de recirculación generalmente se la obtiene a través de atomización de agua, torres de enfriamiento de tiro mecánico, torres de enfriamiento atmosférico o condensadores evaporativos.

- En el caso de atomización en un estanque, el agua caliente del evaporador a una presión considerable es descargada al aire mediante toberas atomizadoras y dejada caer libremente en estanques.

- Mediante torres de enfriamiento por torre atmosférica, el agua caliente es distribuida en forma atomizada por la parte superior de la torre tiene persianas inclinadas para facilitar la circulación del aire a través de la torre e impedir que el agua salga. Su grado de enfriamiento depende de la temperatura de bulbo húmedo, la velocidad del viento y del contacto que se tenga entre el agua y el aire.
- Una torre de enfriamiento de tiro mecánico es similar en su construcción a la de tipo atmosférico, excepto que esta tiene ventiladores muy grandes que mueven al aire a través de la torre y lo ponen en contacto con el agua. El funcionamiento de esta torre es totalmente independiente del viento, y generalmente tienen rociadores internos que distribuyen el agua a través de un sistema muy complicado de tabiques o desviaciones necesarias de una torre atmosférica de enfriamiento.

Con cualquiera de los métodos anteriores la cantidad de agua de repuesto será suficiente para remplazar la humedad evaporada más las pérdidas por el agua arrastrada por el viento y de las pequeñas cantidades de agua utilizado para lavado y limpieza.

## CAPÍTULO 4

### 4. PORCENTAJE DE HUMEDAD RELATIVA

#### 4.1. CALEFACCIÓN

La regulación de las condiciones ambientales dentro de una vivienda, industria, vehículo o comercio, son procesos que implican sistemas de ventilación o calefacción. Un sistema de calefacción permite elevar la temperatura de determinado espacio en relación con la temperatura ambiental exterior para generar condiciones cómodas para la habitación de los seres humanos. Con este objetivo esencial de combatir el frío y permitir un grado elevado de calidad de vida se han desarrollado diversos sistemas de calefacción. La zona geográfica donde está ubicada el espacio donde se va instalar el sistema de calefacción es la primera o las más importantes de las condiciones que se deben atender, si se halla en una zona climática fría se debe considerar la necesidad de un sistema de calefacción de flujo constante y en lo posible, con combustible de red o que cuente con depósitos. Para un mejor entendimiento de los sistemas de calefacción debemos conocer primero sus principios:

##### 4.1.1. CALOR

El calor se genera al aumentar la presión de un gas o vapor lo cual hace que su volumen disminuya aumentando su temperatura. La temperatura o calor es la velocidad del movimiento molecular. Cuando las moléculas de un cuerpo se

mueven con rapidez, este se calienta, y, cuando se mueve lentamente este se enfría, estos procesos ocurren con la mayor parte de los sólidos.

Expansión de Sólidos con el calor.

El calor o movimiento molecular más rápido tiene otro efecto sobre las cosas. Por ejemplo cuando un sólido tal como una barra de acero se lo calienta se alarga, es decir, se dilata. La razón por la cual la mayoría de los sólidos hacen esto es que al poner un sólido a altas temperaturas sus moléculas se mueven más deprisa, necesitando más espacio desplazando las moléculas y adquiriendo más longitud y anchura.

Para poder controlar la tolerancia en los sólidos para que no se expandan los cuerpos se utilizan los termostatos, que son contruidos por espirales de diferentes tipos de metales. Cuando el espiral se calienta, un metal se dilata más que el otro, haciendo que la espiral se enrolle o desenrolle según el metal que esta en el exterior.

Los líquidos y gases también se pueden dilatar, al igual que los metales, las moléculas de los líquidos se expanden cuando se las calienta ocupando más volumen. Un ejemplo de dilatación de líquidos puede ser el termómetro que es un recipiente con mercurio, este se dilata cuando aumenta su temperatura.

#### 4.1.2. TRANSFERENCIA DE CALEFACCIÓN.

Debido a que el calor se trasmite solo cuando hay una diferencia de temperatura entre dos lugares, y que el calor siempre fluye del lugar más caliente al de menor

temperatura, hay tres modos distintos por los cuales puede efectuarse la transferencia de calor:

1. Conducción: “Es la forma de transferencia de calor a través de un cuerpo que se presenta sin movimiento alguno del mismo”<sup>5</sup>

La conducción es uno de los procesos más comunes para la realización de transferencia de calor, un ejemplo sencillo para explicar la conducción es el calentamiento de un recipiente metálico en una estufa, en el cual el calor generado por la misma calienta el recipiente metálico en forma ascendente y paulatinamente hacia el mango de la misma.

2. Convección: La convección es el proceso de transferencia de calor que se produce en líquidos o gases. En este proceso el aire se mueve en sentido vertical ascendente ya que estando caliente el aire es, mucho más ligero que el aire frío circundante, a esta forma de convección se la conoce como convección natural por que el fluido se mueve por acción gravitatoria creadas por las diferencias de densidades. La

velocidad del movimiento del fluido y así como la velocidad de transferencia de calor se pueden aumentar empleando un ventilador en el caso de gases, o a su vez una bomba para líquidos, a este proceso se lo llama convección forzada.

3. Radiación: La radiación térmica es la forma de transferencia de calor que se presenta entre dos cuerpos separados como resultado de la llamada radiación electromagnética, a la que también se la conoce como movimiento ondulatorio. Como en la mayoría de los casos para

---

<sup>5</sup> Acondicionamiento del aire, PITA, Robert, Pag 49

transferencia de calor un cuerpo debe estar a mayor temperatura que otro, el calor se transmite cuando entre ellos exista un vacío, es decir, ausencia de materia, pero cuando existe gas entre ellos, el calor se sigue transmitiendo por radiación pero a una menor velocidad. Sin embargo la presencia de un sólido opaco entre ellos bloquea la radiación. Cuando una superficie sólida recibe radiación de calor, algo de esta es absorbida por dicho cuerpo y a su vez es reflejada, todo esto depende del tipo de superficie.

#### 4.1.3. RESISTENCIA TÉRMICA.

La resistencia térmica de un material es su capacidad para resistir el flujo de calor que lo atraviesa. Para una mejor explicación se utiliza la ecuación:

$$Q = \frac{A \cdot \Delta T}{R}$$

Donde:

Q= Velocidad de la transmisión de calor

R= Resistencia térmica del material

A= Área de la superficie

DT= Diferencia de la temperatura por donde fluye el calor

Esta ecuación nos permite comprender como afecta la resistencia térmica a las pérdidas o ganancias de calor. Cuando en la ecuación R tiene valores altos, significara baja transferencia de calor y viceversa. Los materiales cuyos valores de R sean altos transmitirán calor a baja velocidad siendo buenos aisladores térmicos. Son preferibles los materiales cuyos valores en R sean altos debido a que reducen las pérdidas de calor.

#### 4.1.4. CALEFACTORES.

Un calefactor de aire cumple su función suministrando aire caliente a los recintos de un determinado lugar o espacio. El aire circulante entra al calentador a través de admisión del aire de retorno, impulsado por un ventilador el aire pasa sobre la parte exterior del cambiador de calor que se calienta internamente por la circulación de los gases que pasan a través de él. El aire calentado que sale circula a través de los ductos al destino al cual se lo haya construido. Los gases calientes de combustión circulan dentro de un cambiador se los llama también gases de escape, después que su calor se haya transmitido al aire circundante, los gases escapan a través de un venteo o una chimenea.

#### 4.1.5. TIPOS DE CALEFACTORES.

Para cumplir con las necesidades de las personas para diferentes lugares y usos, de acuerdo a las especificaciones físicas se explicaran los siguientes:

- a) El sistema de calefacción mediante cables es netamente automotriz, este sistema dispone de cables de control que enlazan las palancas del tablero de control con las estampillas situadas en el módulo calefactor. En módulos similares y según los fabricantes el núcleo del calefactor y ventilador están invertidos. El núcleo del calefactor va conectado al sistema de refrigeración del motor mediante manguitos. Cuando el motor esta caliente es decir en funcionamiento, el refrigerante caliente pasa continuamente por el núcleo del calefactor, de modo que esta siempre caliente. La cantidad de calor enviado al interior del auto depende de la posición de las palancas de control y de las trampas del calefactor.

b) Para sistemas de calefacción en construcciones se utilizan varios tipos de calefactores, el de flujo ascendente es adecuado para instalaciones de sótano de gran altura o de cuartos de servicio, este tipo de calefactor se llama high- boy. El de tipo low-boy o bajo se puede utilizar para una altura menor. El de tipo horizontal es adecuado para edificios para los entretechos. Existen calefactores que normalmente se agrupan con calefactores de recintos, de pared y piso y unidades calefactores.

#### 4.1.6. CONTROL DE CALEFACTORES.

Los controladores para calefacción pueden ser de dos tipos, de operación y de seguridad.

- De Operación.- Estos controladores regulan el quemador y ventilador de circulación de aire durante el funcionamiento normal del mismo
- De Seguridad.- Son llamados también controladores limitadores, debido a que detienen o previenen el funcionamiento de un calentador si se rebasan los límites de seguridad. Los controles de seguridad pueden percibir la temperatura del aire, de los gases de combustión y el flujo de estos, también emplea un sistema de seguridad en caso de que exista la presencia de fuego. Este tipo de sistemas se emplearan según la aplicación a la que será sometido el equipo, el tipo de combustible y los requisitos de seguridad.

#### 4.1.7. CALDERAS DE CALEFACCIÓN.

Las calderas pueden generar o producir agua caliente o vapor, que pasa mediante tuberías al equipo de calefacción. Una caldera de agua caliente proporciona agua a altas temperaturas sin hervirla, por esta razón se las debería llamar generadores de agua caliente en lugar de calderas. Una caldera de vapor calienta el agua hasta el punto de ebullición para obtener vapor. Las calderas de agua y vapor tienen características semejantes razón por la cual las medidas de seguridad que se emplean deben ser muy rigurosas. Debido a que las calderas poseen una gran cantidad de energía almacenada.

#### 4.1.8. COMBUSTIBLES Y COMBUSTIÓN.

Los tres combustibles fósiles principales que se usan en calderas y calentadores son gas, petróleo y carbón. El gas y el petróleo son los principales recursos para calefacción debido a su mayor facilidad del manejo, limpieza y menor producción de contaminantes, desplazándolo al carbón. El carbón se sigue usando en plantas eléctricas debido a su menor costo.

- Gas: El Gas natural es el combustible más utilizado en países desarrollados debido a que obtiene de pozos de gas y es suministrados a las viviendas por tuberías.
- Petróleo: El petróleo como combustible se debe almacenar en tanques, siendo menos cómodo que el gas natural. En pequeñas cantidades este se puede almacenar dentro de los hogares, pero en grandes cantidades se lo debe enterrar o colocar en el exterior.

El diseñador de los sistemas de calefacción siempre debe de tomar en cuenta el tipo de combustible que utilizara debido a los costos y efectos contaminantes

que estos significan. El uso del carbón sin duda es mas barato que el uso del gas y el petróleo que incluso son más escasos. Pero el carbón por lo general se lo obtiene a base de leña y donde la madera es abundante dañando por lo general los ecosistemas.

#### 4.1.8.1. COMBUSTIÓN.

“El proceso de combustión en la cual se mezclan el oxígeno con el combustible se lo llama combustión.”<sup>6</sup>

Ya no es muy práctico y sobre todo económico el crear equipos que mezclen perfectamente el oxígeno del aire con combustibles, si alimentamos una caldera con los parámetros específicos de calor la combustión no será la correcta, además se perderá una gran cantidad de energía y ésta produce contaminantes para el ambiente. Para evitar estos problemas las cantidades de oxígeno que se suministran deben ser siempre mayores que en la teoría.

En realidad la cantidad de oxígeno que se debe utilizar para una combustión perfecta tiene que ser mínima pero todo esto depende del tipo de combustible y del dispositivo de calentamiento.

#### 4.1.9. APLICACIÓN DE LAS CALDERAS.

Las calderas que generalmente se usan para calefacción y que utilizan agua caliente, generan corriente que se usa en los sistemas de calefacción. Las calderas de vapor para calefacción producen vapor que puede utilizarse para calentar agua a través de un convertidor. El agua caliente o vapor pueden ser utilizados para calentar o enfriar recintos, suena un poco extraño que sistemas

---

<sup>6</sup> Acondicionamiento del Aire, PITA, Robert, Pág. 92

que se utilizan para calefacción puedan enfriar, pero la mayoría de refrigeradoras que poseen en los hogares utilizan sistemas de calefacción para producir un enfriamiento.

#### 4.2. HUMIDIFICACIÓN

La humidificación o humectación del aire es un proceso cuya finalidad es incrementar el contenido absoluto de humedad de una masa de aire. La deshumidificación, es un proceso contrario, es decir, disminuye la humedad que posee el aire dentro de sí. La humidificación consiste en añadir al aire recién filtrado un cierto porcentaje de humedad, mediante el procedimiento de hacer pasar la masa de aire en circulación por una cortina de agua en forma de lluvia que se recicla continuamente o es nebulizada por medio de pulverizadores, también puede ser inyectado vapor acuoso, de modo que el aire se amolda previamente aumentando sus grados y da lugar a una humidificación acompañada de un calentamiento de aire. La humedad está estrictamente relacionada con la humidificación y deshumidificación ya que se aplica generalmente a la cantidad de vapor presente en un gas. Aunque los términos vapor y gas, podrían ser equivalentes, no lo son; el gas es un estado físico en donde, por arriba de ciertas condiciones "críticas" de presión y temperatura, no puede condensarse, es decir, convertirse en líquido. Es claro que el gas bajo las condiciones antes mencionadas podría licuarse y por lo tanto evaporarse, recibiendo el nombre de vapor. Entonces el vapor es el producto de la evaporación de un líquido. Para que el proceso de evaporación exista es necesario aplicar al líquido una cantidad de energía tal que permita vencer las

fuerzas de atracción entre las moléculas del propio líquido. Lo anterior provoca la liberación de moléculas que salen al espacio gaseoso que las rodean. La energía suministrada al líquido se conoce como el calor de vaporización, que no es otra cosa más que la cantidad de calor que hay que aplicar al líquido a una temperatura determinada para convertirlo en vapor. Al aumentar la temperatura en el líquido aceleramos el proceso de vaporización, es decir, habrá una mayor cantidad de vapor, presente en el gas, el proceso de evaporación continúa hasta la última gota de líquido. Si calentamos un líquido hasta su temperatura de ebullición, es decir la temperatura por encima de la cual, se convierte en vapor y este lo colocamos en un recipiente cerrado y lo aislamos térmicamente es decir realizamos un proceso "adiabático", podremos observar que bajo una condición de temperatura y presión, existe un número determinado de moléculas de líquido que se integraron a la fase vapor y que por choques entre moléculas y las paredes del recipiente existe otro número determinado de moléculas de vapor que se condensan y regresan al seno del líquido.

Durante el proceso de evaporación el número de moléculas de líquido presentes en el gas irá en aumento y cuando se alcanza constancia en las condiciones de temperatura y presión se obtiene un equilibrio, en el cual, el número de moléculas que salen del líquido por evaporación es igual al número de moléculas que entran por condensación, lográndose un equilibrio dinámico.

Existen diferentes tipos o términos para poder expresar de una manera más concreta y específica la humedad:

- Humedad Molar.- relación entre el número de moles de vapor y de grandes contenidos en una masa gaseosa determinada.

- Humedad Másica.- es la relación entre la masa del vapor y la masa del gas contenido en la masa gaseosa.
- Humedad Relativa.- Es la relación entre la presión parcial del vapor y la presión de vapor a la misma temperatura.
- Humedad Porcentual.- Es la relación entre la humedad existente en la masa gaseosa y la que existirá si ésta estuviera saturada.

En los procesos de humidificación la mezcla vapor-gas mas utilizada es la del aire como gas y el agua como vapor. El aire es una mezcla gaseosa, cuya composición no cambia en una altura considerable. El aire está constituido básicamente por nitrógeno, en una proporción del 75.51% y de oxígeno con un 23.01%, el 1.48% restante lo constituyen el ARGÓN, ANHÍDRIDO CARBÓNICO, HIDRÓGENO, NEÓN, HELIO, KRIPTÓN Y XENÓN. Además de estos gases permanentes, el aire contiene cantidades variables de vapor de agua, los cuales provocan efectos que impactan el medio ambiente, ya que su exceso crea ambientes de alta temperatura y toxicidad.

#### 4.3. DESHUMIDIFICACIÓN.

La deshumidificación del aire tiene por objeto rebajar el grado de humedad del ambiente, como ya sabemos el aire atmosférico contiene humedad en forma de vapor de agua y según las condiciones en las que este actúa, el vapor puede o no condensarse en forma de gotas. En los procesos de compresión, el aire atmosférico será aspirado por el compresor el cual pasará a través del ciclo de compresión y se condensará por enfriamiento ambiental. Esto se da debido a

que la compresión del aire supone una elevación importante de su temperatura, que es función de la relación de compresión.

#### 4.3.1. PROCESOS DE DESHUMIDIFICACIÓN.

Para procesos de deshumidificación del aire comprimido y regularmente para su acondicionamiento, se debe seguir tres pasos plenamente definidos con la finalidad de rebajar el porcentaje de humedad.

##### 4.3.1.1. TRATAMIENTO DE AIRE A LA SALIDA DEL COMPRESOR

El más usual de los elementos existentes para disminuir el contenido de humedad en el aire comprimido es el refrigerador posterior de agua, que se coloca inmediatamente después del compresor, estando preparados para condensar entre el 50 y 80 % de toda la humedad que aspira el compresor. Los refrigeradores posteriores reducen la temperatura del aire hasta unos 25° C y emplean el agua como refrigerante. Los refrigeradores por agua están básicamente constituidos por un haz de tubos por cuyo interior pasa el aire comprimido, el agua de enfriamiento circula a contracorriente del aire comprimido por el exterior de un haz tubular, en su camino el aire comprimido se dirige hacia el separador que va incorporado en el refrigerador y que tiene la finalidad de eliminar el agua y el aceite condensados durante la refrigeración.

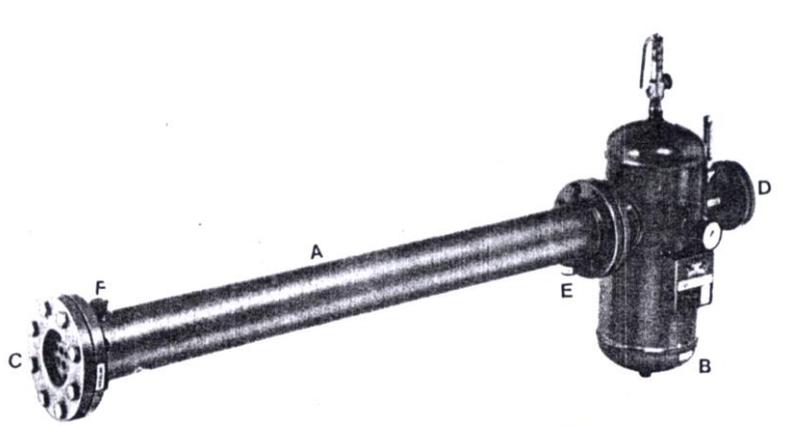


Gráfico 4.3.1.1. Refrigerador Posterior

Otro de los elementos en este proceso es el refrigerador posterior de aire, que es un intercambiador de calor de batería aleteada que aprovecha el aire del ambiente como fluido refrigerante. Es recomendable que este dispositivo se lo coloque a la salida del aire del compresor, estos de igual forma que los refrigerados por agua disponen de un elemento de refrigeración para el aire producido por un grupo de ventiladores. Estos refrigeradores se aplican cuando el agua es escasa o no resulta fácil llevarla hasta el mismo refrigerador, o cuando sus precios son muy elevados.

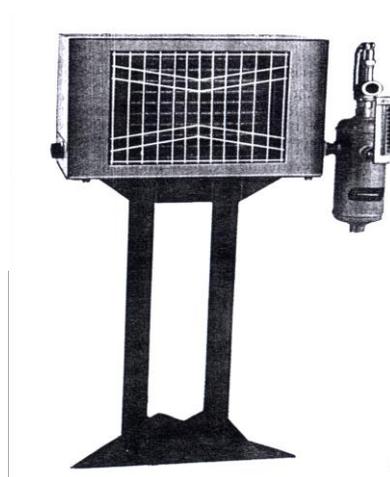


Gráfico 4.3.1.2. Refrigerador posterior de Aire

Los equipos secadores para tratar el aire o gases comprimidos sirven para reducir el contenido de vapor de agua, así, hasta alcanzar una determinada temperatura límite, no presentan condensación alguna.

Para su perfecto funcionamiento todos los elementos deben estar en perfecto ensamble.

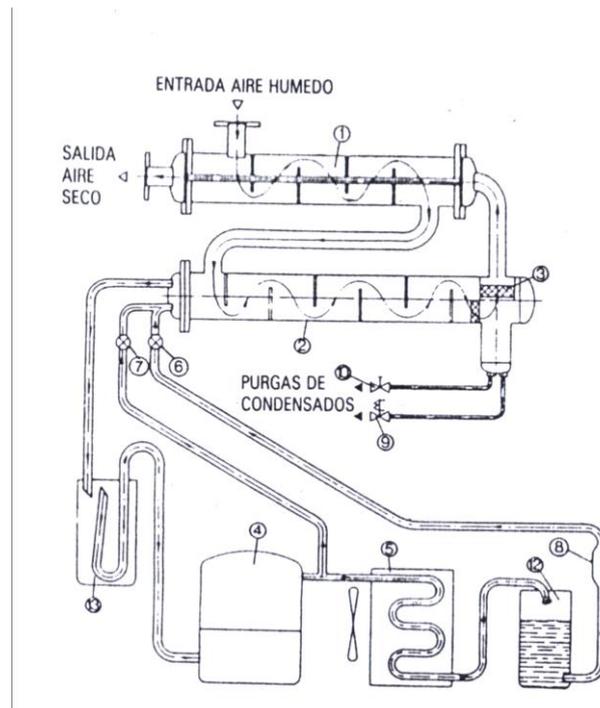
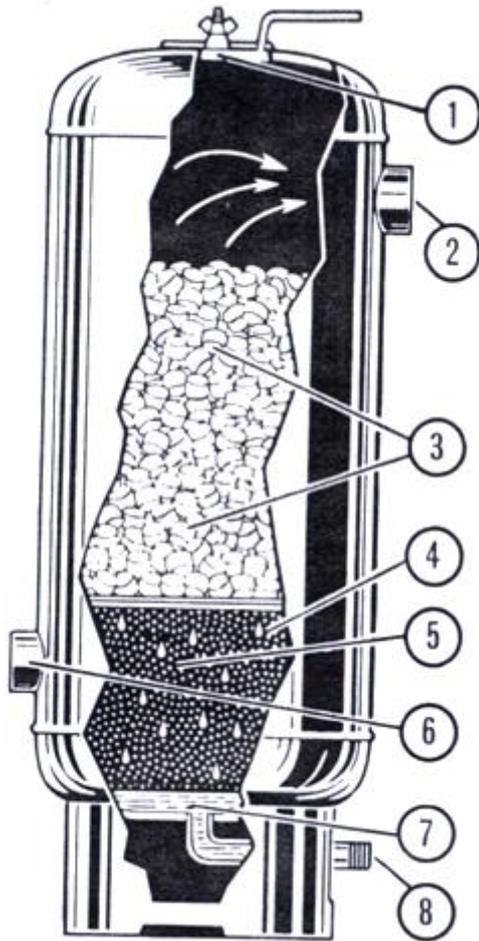


Gráfico 4.3.1.3. Esquema de Funcionamiento

#### 4.3.1.2. TRATAMIENTO DE AIRE EN LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN

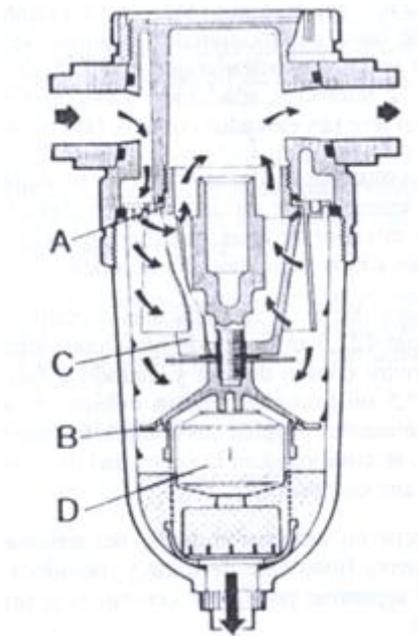
Para un efectivo tratamiento del aire se necesitan de varios elementos como por ejemplo secadores deliquescentes, que son de composición química y de granulado que sirven para fundir y licuar al ir reteniendo el vapor de agua contenido en el flujo a secar



- 1.- Orificio de carga
- 2.- Salida del aire tratado
- 3.- Producto Activo

Gráfico 4.3.1.1. Secador por Delicuencia

Otro de los elementos son los filtros que ayudan a la limpieza del aire que llega hacia el compresor, estos ayudan hasta el 80 % en limpieza del mismo. Los filtros están indicados para aplicaciones ordinarias y que eliminan los residuos de humedad y polvo que circulan a lo largo de las tuberías.



- A.- Botón de Ajuste
- B.- Muelle
- C.- Diafragma Flexible
- D.- Válvula

Gráfico 4.3.1.2. Filtro

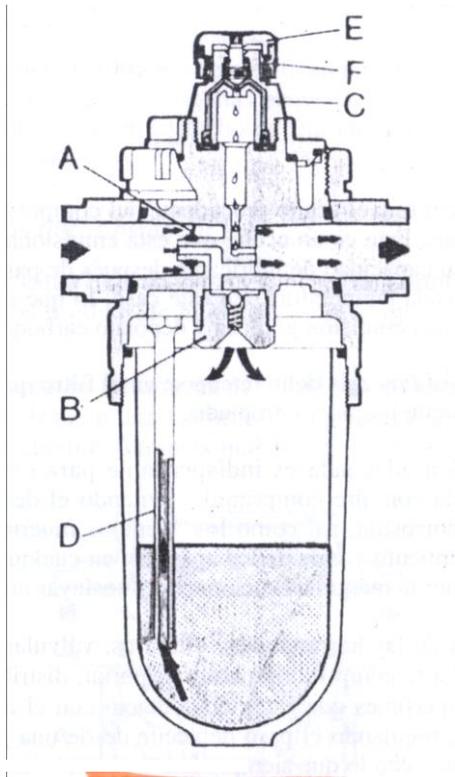
Los reguladores de presión se identifican por dos funciones o relaciones conocidas como regulación y caudal.

Las características de caudal establecen relación entre la presión regulada y la cantidad de fluido que circula a través del regulador, siendo la presión secundaria independiente del caudal.

Las características de regulación establecen la regulación entre la presión regulada y la presión del suministro. Idealmente, la presión secundaria o presión regulada, no debería sufrir alteración alguna aunque la presión primaria o presión de suministro fluctúe sensiblemente, sin embargo la exactitud no se ejecuta en la práctica.

La lubricación adecuada es indispensable para conservar productiva una máquina accionada por aire comprimido ya que evitan el desgaste producido por el rozamiento y la corrosión. Los lubricadores regulan el paso de aceite desde una gota por minuto hasta la circulación continúa, con lo que siempre habrá aire

lubricado mientras exista circulación de aire, considerando que todo aceite que pasa por la cúpula visible es simplemente una niebla de aceite.



- A.- Censor Automático de Flujo
- B.- Válvula de Frenado
- C.-Cúpula de

Gráfico 4.3.1.3. Lubricador

## CAPÍTULO 5

### 5. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE AIRE ACONDICIONADO

#### 5.1. PROCESOS CONSTRUCTIVOS.

Para los procesos constructivos tendremos en cuenta varias especificaciones que se establecen según las normas y reglamentos de instalación de equipos de calefacción y climatización la cual especifica que el cálculo de los conductos de aire se realizará por cualquiera de los métodos usuales, teniendo en cuenta las exigencias que limitan el factor transporte y presión sonora que van especificados en tablas de instrucción técnica. Debemos tener en cuenta que para la creación de sistemas de ventilación, calefacción y aire acondicionado existen varios puntos de fabricación que se debe tener en cuenta.

##### 5.1.1. REDES DE CONDUCTOS.

Los conductos de aire son elementos estáticos de la instalación, por cuyo interior circulara el aire y mediante el cual se conectaran todos los sistemas como el de aspiración, unidades de tratamiento, locales de uso retorno y evacuación de aire. En las instalaciones de acondicionamiento de aire, la distribución del aire por el interior de los espacios acondicionar se lo efectúa transportando el aire desde el equipo acondicionador hasta las bocas de salida, mediante conductos de sección rectangular, circular u oval, dependiendo de las condiciones de fabricación de los recintos a equipar. Es requisito indispensable para que una instalación de acondicionamiento sea correcto, que la distribución del aire se efectúe lo mas uniforme posible manteniendo en todos los lugares del recinto

ausencia de corrientes que provocan molestias. Para dar una solución a este problema las bocas de entrada y salida del aire deben hacerse con sumo cuidado y dimensionarse convenientemente a los conductos de aire acondicionado. Las condiciones térmicas del aire que se mueven por el interior del conducto son diferentes a las del exterior que encontramos en el lugar a acondicionar, por lo cual se supone una transferencia de calor entre ambas masas de aire. Por lo tanto, si esta transferencia es elevada, puede ser causa de corrientes de aire externas que pueden provocar irregularidades dentro del lugar a acondicionar. En toda instalación de aire acondicionado con distribución por conductos, es necesario mantener y tener en cuenta varias observaciones:

- uniformidad en las velocidades de salida del aire por las bocas, registros y rejillas.
- Bajo nivel sonoro, se puede distinguir los ruidos propios del sistema a causa del movimiento de los elementos. A su vez la turbulencia causada en los ductos dan lugar a otro tipo de ruido, de frecuencia más alta y cuya densidad aumenta con la velocidad del aire.
- Evitar cambios bruscos de dirección y de velocidad.
- La regulación por medio de las persianas se debe hacer con mucho cuidado ya que estos pueden causar resistencia a la carga del aire produciendo una pérdida de carga de energía del aire haciendo que el ventilador produzca mayor esfuerzo.

### 5.1.2. PARÁMETROS.

En la actualidad existen dos tipos de instalaciones de acondicionamiento de aire, las de alta velocidad y las de baja velocidad. Las primeras poseen una velocidad de 10/12 m/s con presiones estáticas superiores a 50 mm c.d.a. Y requieren una serie de condiciones que las hacen particularmente especiales, dependiendo de su aplicación estas poseen múltiples elementos que se debe revisar antes de poner en marcha su montaje. Las instalaciones de baja velocidad son empleadas en instalaciones resueltas por equipos autónomos cuya velocidad no supere los 10/12 m/s y su presión máxima no supere los 150/500 pascales. Esta trabaja con presiones reducidas, muy pequeñas frente al vapor de la presión atmosférica, de tal modo que puede considerarse en todos los casos que el aire se comporte como un fluido incomprensible, es decir, sin cambio de densidad a lo largo de su recorrido por los ductos.

Al establecer y comprender los parámetros que se llegaran a utilizar comprenderemos que caudal (Q) se define como el volumen de fluido que atraviesa una sección transversal determinada de una conducción por cada unidad de tiempo. En un conducto por el que circula un fluido, la ecuación de continuidad nos dice que al suponer un fluido incomprensible, que el caudal entrante es igual al caudal saliente.

$$Q = S * v$$

Donde:

Q= Caudal en metros cúbicos

S= área o sección de paso

v= velocidad de circulación en m/s

El procedimiento que se sigue para encontrar las dimensiones de los conductos es el de fijar de antemano el caudal de aire a circular para cada tramo, lo cual nos proporcionara la suma total del caudal de aire a transportar. Después se concreta la velocidad más oportuna para la circulación de aire.

## 5.2. CARGAS DE REFRIGERACIÓN.

Las cargas de refrigeración pueden darse por varios aspectos:

### 5.2.1. PRESIONES ESTÁTICA, DINÁMICA Y TOTAL.

Cuando fluye el aire por un conducto, es la presión estática, la que provoca una fuerza o presión sobre las paredes perpendiculares a ellas, y esta puede existir en un fluido en movimiento o en reposo, ya que todo fluido ejerce una presión sobre las paredes del recipiente que lo contiene, ejerciéndose por igual en todas las direcciones. La presión estática realizada por un fluido sobre la superficie es el coeficiente entre el valor de esa fuerza y la superficie que recibe su acción. La presión es positiva cuando es mayor la presión atmosférica, existiendo una sobre presión, por lo contrario, la presión es negativa cuando es menor que la presión atmosférica creando una depresión. La presión se mide siempre mediante un manómetro colocado en el seno de la corriente de aire o por un tubo en U, formando un ángulo recto con la dirección del flujo.

La presión dinámica o presión de velocidad es la presión correspondiente a la velocidad del flujo, y es por lo tanto, una medida de la energía cinética. La presión dinámica se define como la energía requerida para acelerar la masa de aire desde un estado de reposo a su velocidad final. La presión dinámica es siempre

positiva, y se manifiesta únicamente en el sentido de la velocidad. Esta presión depende de la velocidad del aire, de su peso específico y de la aceleración de la gravedad. La presión dinámica varía con la temperatura si se mantiene la velocidad, es decir, que disminuye conforme aumenta la temperatura y también varía con la humedad pues al aumentar ésta merma la densidad del aire y, por derivación baja la presión dinámica.

La presión total es la suma de presiones, es decir, la dinámica y la estática, permitiéndonos medir la energía total de la masa de aire. Esta medición se efectúa con un tubo diferencial que indica la suma de la presión dinámica o presión de velocidad y la presión estática. Respecto al ambiente, la presión total puede ser positiva o negativa. Como es lógico, se tendrán presiones negativas en el punto de aspiración del ventilador y positivas a la salida del mismo.

#### 5.2.2. PÉRDIDAS DE CARGA.

Para que un fluido se mueva dentro de una tubería o conducto hace falta que exista una presión que le obligue a ello y que compense los rozamientos que se producen cuando el fluido se mueve y al mismo tiempo, mantenga la velocidad de circulación. La caída de presión o pérdida de carga sucede cuando el aire transita a lo largo de un conducto y este pasa tocando sus paredes, lo cual supone una pérdida de energía del aire que se manifiesta en una disminución de la presión total. Para la mayoría de los sistemas de acondicionamiento del aire, la resistencia que ofrecen los conductos al movimiento del aire debería ser repuesta por la presión suministrada por el ventilador del equipo acondicionador que lanza el caudal de aire. Como sea que la presión dinámica está relacionada

con la velocidad del aire dependiendo únicamente del caudal y del área de paso, al ser constante la velocidad a lo largo del conducto, igualmente lo es la presión dinámica, deduciéndose que la disminución de presión debido al rozamiento afecta a la presión estática. Esto quiere decir que por un conducto recto de cierta longitud, si tenemos en un extremo un equipo acondicionador con su ventilador y en el otro extremo una salida o descarga de aire, por causa del rozamiento superficial a lo largo del conducto, la presión total no es constante sino que va decreciendo conforme llega al punto final, empleándose una parte de la presión total es vencer rozamientos que se transforman en calor. Las clases de rozamientos que se presentan en los conductos son de dos clases, la primera es debida al rozamiento que provoca el grado de rugosidad de lo mismo, y la segunda, por remolinos y cambios de dirección o velocidad del flujo de aire.

Debido a que las pérdidas por rozamiento se dan por el cuadrado de la velocidad del aire, el número de veces que la longitud del conducto contiene al diámetro y del coeficiente de rugosidad de las paredes. Las pérdidas por cambio de dirección son tanto mayores cuanto más bruscos sean los mismos, por lo que es aconsejable mantener un control de las pérdidas dentro de una tolerancia a fin de que una vez conocida la presión estática a vencer se elija el ventilador con la presión suficiente para transportar el aire por todo el sistema, en virtud de que en las instalaciones representa un reducido porcentaje de la presión total, pudiendo prescindir de ella en teoría. Las presiones a manejar son muy reducidas con respecto a la presión absoluta del aire, por lo que es aceptable considerar que la densidad del aire no varía en todo el trayecto, por lo tanto es

posible utilizar en cálculos las pérdidas de carga en conductos de sección rectangular y circular.

### 5.2.3. CÁLCULO DE LOS CONDUCTOS DE AIRE.

La fase fundamental de los cálculos se basa a en determinación del diámetro de las conducciones, bien sean de sección circular o rectangular, haciéndose generalizado dos métodos que por su relativa sencillez y exactitud suficiente para los fines propuestos, tienen una acogida mayoritaria llamadas de igual pérdida de carga o de igual fricción y de velocidad constante.

- Igual pérdida de carga.-

Con éste método se proyecta la red de conducciones de forma que el rozamiento o pérdida de carga por unida de longitud por cada metro de conducción sea constante. Ordinariamente la pérdida de carga por conducto se fija entre 0,1 y 0,15 mm.

Este sirve para cualquier red de conductos aunque lo hace especialmente asequible para las unidades compactas en donde la fábrica fija la presión en el equipo, razón por la cual no hay otra elección posible.

- Velocidad Constante.-

Para este método la velocidad en la cual empezaremos será escogida por el fabricante, dentro de los términos establecidos en tablas de velocidades máximas recomendadas. Conociendo el caudal del aire y la velocidad de circulación, determinaremos cual será el diámetro de la conducción y las pérdidas de carga que se produce el ella. Consecuentemente una vez encontrada la pérdida de carga, que será la presión estática en el ventilador

impulsor, podemos elegir el mismo, entendiendo que en la mayoría de los sistemas de acondicionamiento de aire la presión estática tiene un valor comprendido entre 25 y 35mm de columna de agua rara vez superando estos valores, a no ser que se trate de sistemas complicados o con conducciones muy largas. En ambos casos, cuando la pérdida de carga sobrepase los valores admisibles, es preciso aumentar los diámetros de los conductos para que conservando el mismo caudal, se reduzca la pérdida de carga.

El cálculo de las canalizaciones de retorno y de evacuación no presenta ningún problema de carácter particular. No es posible aquí la recuperación de la velocidad pues la dirección de flujo es hacia el ventilador. Para la mayoría de los casos prácticos es aplicable el método de igual pérdida de carga, con el empleo de registros para la igualación de flujo y cuidar que la cantidad de aire emitido por cada rejilla sea la apropiada. Una conducción de impulsión de aire o de recuperación no tiene porque mantener una sección constante en toda su longitud, en razón a que la sección se modifica al depender del caudal de aire que transporta y va entregando, y estar sometido a las variables que intervienen en la teoría.

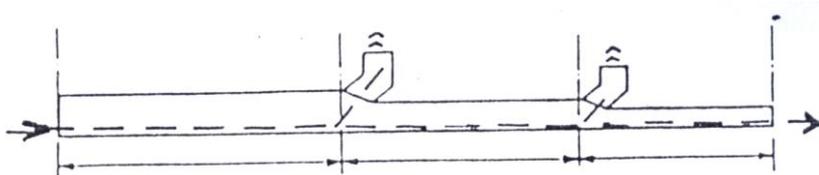


Gráfico 5. 2.3. Conducto de Distribución de Aire

Antes de ordenar y dibujar el trazado de la red de conducciones, hay que acomodar en un plano la situación de las rejillas de impulsión y las de retorno, en base a su utilización, forma y dimensiones, junto con los caudales de aire que

van a impulsarse o a retornarse, de acuerdo con el volumen de aire a distribuir por la zona a acondicionar y a una perfecta homogeneización de la temperatura.

#### 5.2.4. PÉRDIDAS DE CARGA EN LOS ACCESORIOS.

En los codos, curvas, derivaciones y demás figuras que no sean tramos rectos de conductos, la resistencia al paso del aire es mayor que en los recorridos rectos y por lo tanto, la pérdida de carga es superior, pudiendo utilizar diversos procedimientos para averiguar las pérdidas de carga en los accesorios.

Generalmente se aplica el sistema de longitud equivalente por su sencillez, la cual consiste en sustituir o considerar al accesorio correspondiente como tramo recto de una determinada longitud equivalente que ofrezca igual pérdida de carga. Sumando la longitud de los tramos rectos y las longitudes equivalentes de los diversos accesorios, tendremos la longitud total, relacionando sus valores con conductos circulares. Existen dos tipos de fluidos:

El fluido divergente se produce cuando la corriente de aire pasa de un conducto estrecho a otro más ancho, produciéndose una expansión de la vena fluida, efectuándose la expansión o aumento de sección de una manera gradual con disminución permanente de la velocidad.

En cambio con flujo convergente se dice cuando la corriente de aire pasa de un conducto o tubería ancha a otra estrecha, verificándose la disminución de sección de manera gradual con aumento continuo de la velocidad, por lo que la presión estática antes de la reducción será superior a la posterior.

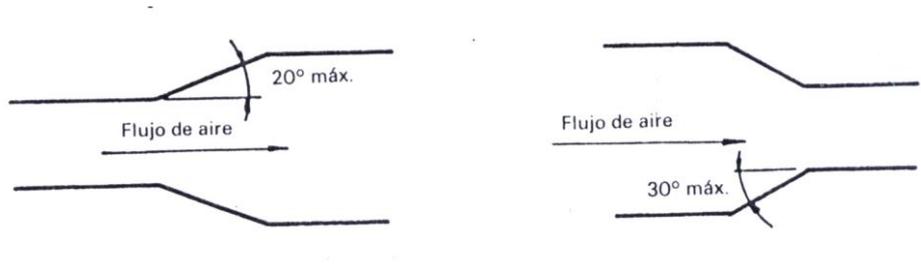


Gráfico 5.2.4. Cambios de Sección

Con condiciones iguales o inferiores a  $30^\circ$ , la vena de aire no experimenta contracción apreciable a la salida de la reducción y el coeficiente de pérdida de carga por rozamiento tiene valores por debajo de 0,04 mm de caída de agua, por lo que la pérdida de carga puede desearse.

Las pérdidas de carga se originan, pues en todas y cada una de las partes rectas del conducto, pero siempre son más importantes en los codos y en las derivaciones. A estas pérdidas de carga puede ser necesario añadir las causas por otros elementos que integran el conjunto trazado, tales como filtros, compuertas, rejillas, etc. El cálculo de las pérdidas de carga en una red de conducciones se elabora mediante la suma de todas las pérdidas de carga que llevan los conductos que la ponen, es decir, tramo recto mas accesorios mas bocas de salida mas rejillas, tanto para impulsión como retorno. Por lo general, si se elige un acondicionador de aire normal de serie, el fabricante indicará la presión estática que puede proporcionar el ventilador, la cual es casi siempre regulable, actuando sobre la velocidad de rotación del mismo. Esta presión estática es una presión disponible de la instalación, dado que ya se han reducido las pérdidas de carga internas del climatizador debidas al evaporador, filtro de aire y el resto de los componentes. En la eventualidad de una instalación de acondicionamiento de aire realizada a partir de elementos separados, hay que

escoger un ventilador cuya presión estática contrarreste la totalidad de las pérdidas de carga habidas en el circuito.

#### 5.2.5. PÉRDIDAS DE AIRE POR FUGAS.-

Las fugas de aire en conductos son difíciles de evaluar. En ciertos casos las fugas pueden alcanzar cifras importantes del volumen de aire suministrado, y en otros casos es de tan poca magnitud que pasan desapercibidas. Si la instalación es larga, la fuga puede llegar hasta un 10% del caudal total en instalaciones de baja presión. De cualquier manera las fugas de aire pueden variar dentro de amplios límites, según sea la presión del aire, tipo de construcción empleado para los ductos y de como estos trabajen. Debemos recalcar debe admitirse una cierta cantidad de caudal para las fugas de aire, las cuales dependerán de las condiciones de servicio. Otro dato que se debe tener en cuenta es el calentamiento de aire en los conductos debido a que el aire que se envía a los ambientes a acondicionar tienen una temperatura entre 10 y 15°C, que al pasar por ambientes no acondicionados a una temperatura más alta se calentará. Este calentamiento puede considerarse como un aumento de la carga sensible del ambiente. Para controlarlo depende del aislamiento de los conductos.

#### 5.3. MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.

Para la adopción de medidas, tanto en lo que se refiere al material de construcción como a las condiciones de instalación, es obligado remitirse a las normativas de climatización.

En general, cualquiera que sea el tipo de conductos para aire, la materia de construcción no propagará el fuego ni podrá desprender gases tóxicos en caso

de incendio, siendo superficies internas lisas y que tampoco contamine el medio ambiente. En cuanto al material empleado, podrá ser de chapa de acero galvanizado, aluminio, cobre o aleaciones de acero inoxidable, para todo lo referente a dimensiones, tipos, uniones refuerzos y soportes. Igualmente podrá construirse en fibra de vidrio siempre que se hagan de acuerdo a las respectivas normas. Estas normas sugieren el aislamiento térmico de redes enterradas para protegerlas de la humedad y de las corrientes de agua subterránea. Con frecuencia los conductos de chapa tienen que ser aislados a fin de evitar las pérdidas de calor a través de sus paredes, recomendando, igualmente, evitar condensaciones en el interior de las paredes de los mismos.

#### 5.4. REJILLAS Y DIFUSORES.

Es el último paso en la distribución del aire acondicionado, es decir, son las bocas de entrada y salida del mismo, que recogen o entregan el aire al lugar que se desea acondicionar o calentar, debiendo tener en cuenta que el flujo es uniforme en toda la superficie de descarga, así como la dirección que sea normal al eje longitudinal de la abertura.

## CAPÍTULO 6

## 6. FUNCIONAMIENTO DE UN TÚNEL EXPERIMENTAL PARA EL ANÁLISIS DE PROCESOS TÉRMICOS PARA SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO.

### 6.1. COMPRESOR.

El compresor es una máquina que transforma la energía mecánica suministrada por el motor del vehículo, de forma que aspira el fluido refrigerante procedente del evaporador y bajo la forma de baja presión y temperatura, para después impulsarlo hacia el condensador en forma de alta presión y temperatura debido a que el fluido sufre un incremento de presión y temperatura en el compresor. Comúnmente denominado el corazón del sistema, es decir, como su nombre lo indica, comprime el gas refrigerante tomando para ello potencia del motor mediante una transmisión de correa. Los sistemas de aire acondicionado están divididos en dos lados, el lado de alta presión y el lado de baja presión; también denominados descarga y succión respectivamente. La entrada del compresor toma el gas refrigerante de la salida del evaporador, y en algunos casos lo hace del acumulador, para comprimirlo y enviarlo al condensador, donde ocurre la transferencia del calor absorbido de dentro del vehículo.

El compresor se encuentra fijado directamente sobre el bloque del motor, el cual como ya se mencionó es accionado por la correa que mueve la bomba del líquido de refrigeración y el alternador. Para la climatización del automóvil se utilizan compresores de tipo volumétrico, el mismo que tiene como característica principal su cilindrada.

El compresor utilizado en el túnel experimental es de marca Valeo, el cual es un compresor volumétrico que funciona desde 1000 a 1800 rpm, este posee dos

salidas para mangueras, una de ellas va conectada al condensador y la otra hacia el evaporador, el compresor a cuando tiene una carga completa posee una presión máxima de 30 PSI.



Gráfico 6.1. Compresor

## 6.2. EVAPORADOR.

El evaporador se encuentra ubicado en el conjunto de distribución de trampillas, depuse del compresor antes del radiador de calefacción. Este es un intercambiador térmico que tiene por función enfriar y deshumidificar el aire que lo atraviesa, para este proceso absorbe calor del aire y produce dos fenómenos físicos:

- El aire se enfría y el vapor de agua presente en este aire se condensa en las paletas del evaporador.
- El fluido se evapora y se recalienta.

La función del evaporador es de enfriar el aire puesto en movimiento que genera el impulsor o el ventilador que esta ubicado en el conjunto de rejillas del evaporador y que es enviado al habitáculo del vehículo.

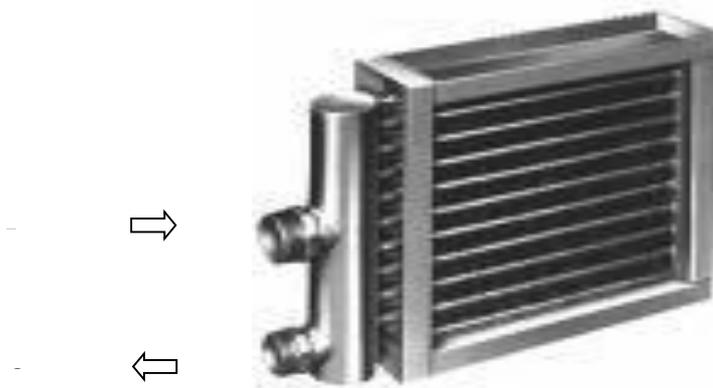


Gráfico 6.2. Evaporador

### 6.3. CONDENSADOR.

Aquí es donde ocurre la disipación del calor. El condensador tiene gran parecido con el radiador debido a que ambos cumplen la misma función. El condensador está diseñado para disipar calor, y normalmente está localizado frente al radiador, pero a veces, debido al diseño aerodinámico de la carrocería del vehículo, se coloca en otro lugar. El condensador debe tener un buen flujo de aire siempre que el sistema esté en funcionamiento. Dentro del condensador, el gas refrigerante proveniente del compresor, que se encuentra caliente, es enfriado; durante el enfriamiento, el gas se condensa para convertirse en líquido a alta presión. La transferencia de calor ocurre cuando el compresor envía el gas refrigerante hacia el condensador el cual se encarga de enfriarlo y con ayuda del electro ventilador y su válvula de expansión genera un acondicionamiento adecuado.



Gráfico 6.3. Condensador

#### 6.4. VÁLVULA DE EXPANSIÓN.

Otro regulador de presión muy común es la válvula de expansión térmica, este tipo de válvula mide tanto la temperatura como la presión, y es muy eficiente regulando el flujo de refrigerante que entra al evaporador.



Gráfico 6.4. Válvula de Expansión

#### 6.5. FILTRO DESHIDRATADOR; DEPÓSITO

Se utiliza en el lado de alta presión de los sistemas que utilizan una válvula de expansión térmica. Éste tipo de válvula requiere de líquido refrigerante, y para tener la [seguridad](#) de que sólo eso entrará a dicha válvula, se utiliza el depósito – secador, el cual separa el gas y el líquido, además de eliminar la humedad y

filtrar las impurezas. Normalmente el depósito tiene un [vidrio](#) de nivel, en la parte superior, el cual se utiliza para recargar el sistema; en condiciones normales, las burbujas de vapor no deben ser visibles por el [vidrio](#) de nivel.



Gráfico 6.5. Filtro Deshidratador; Depósito

#### 6.6. REFRIGERANTE R 134A.

El gas refrigerante R134a es un HFC (Hidrofluorocarbono) que sustituye al R12 en instalaciones nuevas. Como todos los refrigerantes HFC no daña la capa de ozono. Tiene una gran estabilidad térmica y química, una baja toxicidad y no es inflamable, además de tener una excelente compatibilidad con la mayoría de los materiales. El R134a es un refrigerante alternativo al R12, es muy utilizado en el aire acondicionado de los automóviles y en refrigeradores domésticos. También se utiliza mucho en el sector industrial y comercial además del transporte frigorífico en temperaturas positivas.



Gráfico 6.6. Embase Refrigerante R134a

### 6.7. NIQUELINAS.

Las niquelinas son sistemas eléctricos que generan calor mediante el uso de electricidad la misma que calienta un cable recubierto de níquel el cual produce calor. En sistemas de acondicionamiento de aire automotriz el calor se lo obtiene de los sistemas de refrigeración del motor (radiador) no mediante el uso de niquelinas, es por eso que en nuestro túnel de acondicionamiento el calor lo generamos con un sistema de niquelinas de 220v la cual genera una temperatura de hasta 70°C controlada por el sistema digital de control.

### 6.8. ELECTRO VENTILADOR.

El electro ventilador es un motor de corriente continua que generalmente es alimentado por la batería mediante su circuito eléctrico y protegido mediante un fusible, este posee un interruptor ubicado al alcance del conductor y que puede accionarlo para el funcionamiento del sistema acondicionamiento de aire. En nuestro sistema de un túnel de acondicionamiento de aire lo remplazamos con el sistema electrónico de control. El electro ventilador va montado sobre una caja

que va ubicada antes de las rejillas de difusión, el electro ventilador se encarga de impulsar el aire hacia dentro del vehículo



Gráfico 6.8. Electro ventilador

#### 6.9. MOTOR ELÉCTRICO.

Debido a que el sistema de aire acondicionado en el vehículo el movimiento del compresor del mismo es generado mediante el movimiento del motor, nosotros para nuestro túnel de acondicionamiento lo reemplazamos con un motor eléctrico el cual cumple la misma función que el motor del auto ya que hace generar el número de revoluciones que necesita el compresor del aire acondicionado.

El motor eléctrico es un sistema trifásico que funciona con una corriente de 220v como mínima y una máxima de 380v y un máximo de 4 amperios, generando 1800 revoluciones, suficiente para hacer funcionar el sistema de acondicionamiento de aire



Gráfico 6.9. Motor Eléctrico Trifásico

## 6.10. SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL DE UN TÚNEL DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE.

Para el óptimo funcionamiento del sistema electrónico de nuestro túnel de acondicionamiento debimos transformar la energía que utilizamos (110v o 220v) a 12v debido a que los sistemas de acondicionamiento de aire utilizan 12v que es lo que genera la batería de un vehículo.

Este sistema eléctrico proporciona varios parámetros de control para nuestro sistema ya sea para el enfriamiento o para la calefacción, este nos proporciona un control específico de las temperaturas y tiempos de uso, ayudándonos a mantener el sistema encendido sin recibir daños de las diferentes partes del túnel de acondicionamiento.



Gráfico 6.10. Dispositivo electrónico de Control

El sistema electrónico de funcionamiento fue realizado para remplazar el sistema de control de aire acondicionado dentro del vehículo. Este sistema cuenta con control de tiempo y temperatura de funcionamiento para tener un mejor seguimiento de lo que sucede en el sistema de aire acondicionado.

El sistema electrónico nos permite hacer funcionar el sistema ya sea en frío o en caliente según sea necesario, los tiempos de funcionamiento también pueden variar ya que en el sistema de calefacción lo recomendable es no mas de 5 minutos debido a que el sistema de niquelinas no debe calentar a mas de 70° C.

## 7. MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DEL TUNEL DE ACONDICIONAMIENTO DE AIRE

El siguiente manual de funcionamiento es una guía práctica para la utilización y óptimo uso del túnel de acondicionamiento de aire.



Gráfico 7.1.Maqueta de Túnel Experimental de Aire Acondicionado

Se debe seguir las instrucciones recomendadas para su mejor uso

## NORMAS DE SEGURIDAD

1. Utilizar siempre el voltaje adecuado 220 v trifásico.
2. mantener siempre cargado el gas refrigerante.
3. No obstruir el movimiento de las poleas y banda única
4. Tener precaución con el electro ventilador ya que puede causar daños
5. Al momento de conectar las niquelinas se debe tener cuidado con el recubrimiento ya que tiende a calentarse.
6. Dejar una libre salida del aire ya sea caliente o frío por las rejillas.

## FUNCIONAMIENTO

1. Conectar el sistema de aire acondicionado a una toma eléctrica de 220v trifásico.
2. Conectar a tierra la toma neutra para funcionamiento del ventilador.
3. Activar el interruptor de encendido del control electrónico y el sistema empezara actuar en frío.
4. Para funcionamiento de calor se debe tener oprimido los dos botones del control electrónico y empezará el sistema hacer funcionar las niquelinas de calefacción.
5. Apagar el interruptor del control electrónico
6. Desconectar la toma neutra del sistema
7. Desconectar la toma de corriente eléctrica de 220v trifásica.

## MANUAL DE PROGRAMACIÓN DEL CONTROL ELECTRÓNICO



Gráfico 7.2. Controlador Electrónico Digital

El control electrónico es un MT-512 que es un controlador de temperatura, con un timer cíclico conjugado que controla refrigeración y deshielo generada por compresor.

### **ESPECIFICACIONES.-**

Alimentación:	127 o 220 Vac
	12 o 24 Vac/ DC
Temperatura de control:	-50° hasta 75°C
Corriente máxima:	10 amperios
Temperatura de operación:	0 hasta 60°C

### **CONFIGURACIÓN.-**

- Presione SET durante 2 segundos hasta que aparezca SET.
- Aparecerá la temperatura de control a ser ajustada

- Utilizar las teclas ▲ y ▼ para alterar el valor y cuando este listo presionar SET para grabar.

## **FUNCIONES AVANZADAS.-**

Función	Descripción	min.	Max	Unidad
F01	Código de acceso: 123	-	-	-
F02	Corrimiento de indicación	-5	5	°C
F03	Límite permitido al usuario final (bloqueo min.)	-5	75	°C
F04	Límite permitido al usuario final (bloqueo Max)	5-	75	°C
F05	Diferencia de control	0.1	20	°C
F06	Retardo para activar la carga	0	999	Seg.
F07	Tiempo de refrigeración	1	999	min.
F08	Tiempo de duración del deshielo	1	999	min.
F09	Estado inicial a conectar el instrumento	0	1	-
F10	Termómetro bloqueado durante deshielo	0	1	-
F11	Retardo en la energización del instrumento	0	240	min.
F12	Tiempo adicional al final del primer ciclo	0	240	min.

Tabla 7.1 Parámetros de Funcionamiento

## **ALTERACIÓN DE LOS PARÁMETROS.-**

- Acceder a la función **F01** presionando simultáneamente las teclas ▲ y ▼ por dos segundos hasta que aparezca **FUN** soltándolo enseguida. Luego aparecerá **F01** y entonces presione **SET**.
- Utilice las teclas ▲ y ▼ para ingresar al código de acceso 123 y cuando este listo presione **SET** para ingresar.
- Después de seleccionar la función, presione **SET** (toque corto) para visualizar el valor configurado para aquella función.
- Utilice las teclas ▲ y ▼ para alterar el valor y cuando este listo presione **SET** para grabar el valor configurado y volver al menú de funciones.
- Para salir del menú de funciones y volver a la operación normal presione **SET** hasta que aparezca - - - .

## INFORMACIONES DE RÁPIDO ACCESO.-

Para registro de las temperaturas máxima y mínima:

- Presione **SET**, aparecerá la temperatura mínima registrada. Luego después aparecerá la temperatura máxima registrada.

**NOTA:** Para reiniciar los registros, mantener presionada la tecla **SET** durante la visualización de las temperaturas mínima y máxima hasta que aparezca r St.

- Para el deshielo o refrigeración o viceversa, independientemente de la programación, mantenga presionada la tecla ▼ por 4 segundos, hasta que aparezca – en el visor. Para visualizar el tiempo transcurrido en el timer presione .



# **8. ANEXOS**

**Práctica Número 1**

## 1.- Nombre de la Práctica

Funcionamiento del sistema de enfriamiento del túnel de acondicionamiento de aire.

## 2.- Introducción

Explicar al estudiante el funcionamiento real del sistema de acondicionamiento de aire en un vehículo.

## 3.- Objetivo

Demostrar los cambios de temperatura que se generan el sistema de acondicionamiento de aire en el vehículo.

## 4.- Materiales

1. Motor eléctrico
2. Sistema de Aire Acondicionado
3. Refrigerante R134 a
4. Control electrónico

## 5.- Conclusiones

- Se verifico los cambios físicos que se producen dentro de un sistema de aire acondicionado.
- Controlar los cambios de temperatura que se generan con el sistema prendido y en ralenti.

## **Práctica Número 2**

## 1.-Nombre de la Práctica

Funcionamiento del sistema de calefacción el túnel de acondicionamiento de aire acondicionado

## 2.-Introducción

Explicar la función que generan las niquelinas el túnel de acondicionamiento de aire y los cambios físicos que este genera.

## 3.- Objetivo

Controlar adecuadamente el sistema de calefacción dentro del túnel de acondicionamiento.

## 4.-Materiales

1. motor eléctrico
2. Sistema de acondicionamiento
3. Niquelinas de calefacción
4. Control electrónico

## 5.-Conclusiones

- Se verifico el cambio de temperatura que genera la niquelina de calefacción en el túnel de acondicionamiento de aire.
- Se controlo de manera correcta los tiempos de funcionamiento.

PRÁCTICA N°:	FECHA:	INTEGRANTES:	DURACIÓN
UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR Facultad Ingeniería Automotriz			
<b>1. NOMBRE DE LA PRÁCTICA</b>			
<b>2. INTRODUCCIÓN</b>			
<b>3. OBJETIVO</b>			
<b>4. MATERIALES</b>			

## 5.CONCLUSIONES


Nitrógeno

Oxígeno

Argón

Bióxido de carbono

Xenón y otros gases

$\emptyset$  = Humedad relativa expresada en forma decimal

Ps = Presión parcial del vapor de agua contenida en el aire

Pd = Presión del vapor saturado a la temperatura del aire

Ds = Masa específica del vapor de agua contenida en el aire

Dd = Masa específica del vapor de agua saturada a la temperatura del aire

Ev: Variación de la energía almacenada en el sistema.

Ec: Energía que se agrega o entra al sistema.

Es: Energía que sale o se elimina del sistema.

Regulación

Evaporación

Compresión

Condensación

Tc: Temperatura mayor del sistema.

Qc: Calor intercambiado a Tc.

Tr: Temperatura menor del sistema.

Qr: Calor intercambiado a Tr.

10. Evaluación Financiera

Descripción de materiales utilizados en el túnel de acondicionamiento de aire.

1. Equipo de acondicionamiento de aire	500
2. Motor eléctrico	150
3. Poleas	20
4. Banda única	5
5. Sistema electrónico	300
6. Ángulos	100
<b>TOTAL</b>	<b>1075</b>

**La inversión total del proyecto fue de un mil setenta y cinco dólares, inversión que es viable para la enseñanza en nuestra facultad.**

11. Conclusiones.-

- Se demostró el funcionamiento teórico práctico de un sistema de aire acondicionado con presiones y temperaturas reales.
- El túnel de acondicionamiento de aire reemplaza completamente al sistema de aire acondicionado del vehículo ya que para la elaboración del proyecto se utilizaron los mismos componentes que se utilizan dentro de un automóvil.
- Se llegó a reemplazar el sistema de calefacción del auto mediante niquelinas que hacen la misma función que realizaría un motor a temperatura normal de funcionamiento.
- Se logró controlar temperaturas y tiempos de funcionamiento del sistema mediante controladores electrónicos, que, dentro de un vehículo llegaría a ser el panel de control de calefacción y acondicionamiento de aire.
- Se facilita la comprensión de los sistemas de calefacción y acondicionamiento de aire ya que tenemos una comprensión real de cómo funcionan todos sus componentes.

- Se recomienda mantener los parámetros de funcionamiento en el sistema electrónico tanto de temperatura como de tiempo ya sea en frío o caliente a plena carga en el sistema de acondicionamiento.
- Se debe utilizar las normas de seguridad indicadas en el manual de funcionamiento tanto para el sistema electrónico como para los diferentes componentes del aire acondicionado.
- Es de suma importancia que siempre se utilice el voltaje recomendado (ver manual) para el funcionamiento del túnel de acondicionamiento de aire.
- El mantenimiento del túnel de acondicionamiento es sumamente sencillo se debe mantener la presión dentro del sistema, es decir, asegurarse que no existan fugas y mantener el gas refrigerante siempre cargado.

### 13. Bibliografía

- Burgess H. Jennings "Aire acondicionado y refrigeración" Editorial Continental 1991.

- Pita G. Pita “Acondicionamiento de Aire, Principios y sistemas” Editorial Continental.
- Crouse H. William / Donald L Anglin. “Aire Acondicionado en el Automóvil” Editorial Alfa omega 1992.
- <http://www.astromia.com/glosario/humedad.htm>
- <http://www.astromia.com/glosario/humedad.htm>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Humedad>
- [personales.ya.com/universal/TermoWeb/Termodinamica/PDFs/Capitulo17.pdf](http://personales.ya.com/universal/TermoWeb/Termodinamica/PDFs/Capitulo17.pdf)
- <http://www.fao.org/docrep/x5027s/x5027S0o.htm>
- [http://books.google.com.ec/books? entalpía+del+aire](http://books.google.com.ec/books?+entalpía+del+aire)

#### 14. Bibliografía de Gráficos

- Burgess H. Jennings "Aire acondicionado y refrigeración" Editorial Continental 1991. Páginas 37-52-125
- Pita G. Pita "Acondicionamiento de Aire, Principios y sistemas" Editorial Continental. Páginas 13-18-27-65-105
- <http://www.astromia.com/glosario/humedad.htm>
- <http://www.astromia.com/glosario/humedad.htm>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Humedad>
- [personales.ya.com/universal/TermoWeb/Termodinamica/PDFs/Capitulo17.pdf](http://personales.ya.com/universal/TermoWeb/Termodinamica/PDFs/Capitulo17.pdf)
- <http://www.fao.org/docrep/x5027s/x5027S0o.htm>
- [http://books.google.com.ec/books? entalpía+del+aire](http://books.google.com.ec/books?+entalpía+del+aire)

# 15. SÍNTESIS

SÍNTESIS

Los sistemas de acondicionamiento de aire son de un gran beneficio para todo tipo de personas debido a que su utilización se la viene dando desde los tiempos prehistóricos.

El tratamiento del aire, control de temperaturas en espacios específicos requiere de sistemas relativamente baratos dependiendo el lugar al que se lo vaya acondicionar, es por eso que la utilización actualmente se la encuentra en cualquier espacio donde el hombre pueda establecerse y en cualquier tipo de industrias.

Debido a la importancia que actualmente esta generando la industria del acondicionamiento del aire, esta tesis se baso en el uso de los sistemas de aires acondicionados dentro de la industria automotriz.

#### Capítulo 1.-

El capitulo 1 explicamos conceptos básico de aire, humedad, conceptos específicos los diferentes tipos de bulbos y temperaturas.

#### Capítulo 2.-

Se enfoca sobre la entalpía y entropía del aire y mas detalladamente de los principios de refrigeración sus leyes conceptos y normas de uso.

#### Capitulo 3.-

Detalla las diferentes partes de los sistemas de acondicionamiento de aire, su funcionamiento y la función que cumplen dentro del sistema.

#### Capitulo 4.-

Explica la función de los sistemas de calefacción, la humedad que genera este sistema y procesos de humidificación y des humidificación.

#### Capitulo 5.-

Se demuestra como son los procesos de construcción para el montaje de un sistema de aire acondicionado ya sea dentro del vehículo o en cualquier industria.

#### Capitulo 6.-

Explicamos el manual de funcionamiento del túnel de acondicionamiento de aire, como funciona, normas de seguridad, y como se debe utilizar el mismo para un correcto funcionamiento.

**FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRAFICO DE TESIS**

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERIA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**ESCUELA DE MECÁNICA  
AUTOMOTRIZ**

**TITULO: TÚNEL EXPERIMENTAL  
PARA EL ANÁLISIS DE PROCESOS  
TÉRMICOS PARA SISTEMAS DE**

**FECHA DE ENTREGA DE TESIS: 31  
DE OCTUBRE 2008**

El proyecto de tesis, que es la implementación de un túnel experimental para el análisis de procesos térmicos para sistemas de aire acondicionado fue creado debido a que dentro de los laboratorios de la facultad de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, no existe un instrumento de trabajo de estas o iguales características, por lo cual se vio la necesidad de montar un proyecto que nos demuestre y nos enseñe propiedades de

La tesis servirá para todas las generaciones de la Universidad Internacional de Ecuador debido a que podrán utilizar el banco de pruebas como una herramienta de ayuda para conocer los elementos, funcionamiento y propiedades de los mismos dentro de un

**PALABRAS CLAVES:**

CALEFACCION  
HUMIDIFICACIÓN  
ENTALPIA  
ENTROPIA  
DIFUSION HUMEDA

**TRADUCCION AL**

The draft thesis, which is the implementation of an experimental tunnel for the analysis of thermal processes for air conditioning systems was created because within the laboratories of the faculty of Automotive Engineering of the International University of Ecuador, there is an instrument of work of these or identical characteristics, which was the need to mount a project that we demonstrate and teach us properties of indispensable elements in any a condition system either in the automotive industry or in any type of industry.

The tunnel of air-conditioning consists of two parts: the first is all the physical system. that is.

**FIRMAS:**

**NOTAS:**