



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PARA LA SECCIÓN  
CENTRAL DEL NIVEL # 3 DEL EDIFICIO GENERAL DE ADMINISTRACIÓN DE  
LA CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12**

**MARIO HUMBERTO ROLDÁN MUÑOZ**

**Asesorado por Ing. Carlos Eliseo Flores Rodríguez**

**Guatemala, Julio de 2005**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PARA LA SECCIÓN  
CENTRAL DEL NIVEL # 3 DEL EDIFICIO GENERAL DE ADMINISTRACIÓN DE  
LA CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR**

**MARIO HUMBERTO ROLDÁN MUÑOZ**  
**ASESORADO POR ING. CARLOS ELISEO FLORES RODRÍGUEZ**

**AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**GUATEMALA, JULIO 2005**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA**



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
VOCAL I	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL II	Ing. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Julio César Molina Zaldaña
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR	Ing. Anacleto Medina Gómez
SECRETARIO	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

**HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo con los conceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación.

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PARA LA SECCIÓN  
CENTRAL DEL NIVEL # 3 DEL EDIFICIO GENERAL DE ADMINISTRACIÓN DE  
LA CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12**

Tema que me fuera asignado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha de 22 de octubre de 2004.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M. Roldán Muñoz', with a horizontal line drawn through it.

Mario Humberto Roldán Muñoz

Guatemala, 18 de abril del 2005

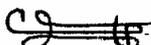
Ingeniero:  
José Arturo Estrada Martínez  
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica  
USAC

Ingeniero Estrada:

En mi calidad de asesor, tengo el agrado de dirigirme a usted para presentarle el trabajo de Graduación del estudiante: Mario Humberto Roldan Muñoz, titulado: DISEÑO DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PARA LA SECCIÓN CENTRAL DEL NIVEL # 3 DEL EDIFICIO GENERAL DE ADMINISTRACIÓN DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12, previo a optar al examen publico en la carrera de ingeniería mecánica.

Considerando que el trabajo de graduación ha cumplido con los objetivos planteados, me permito recomendar la aprobación del mismo haciéndome responsable del contenido del mismo.

Atentamente.

  
Carlos Eliseo Flores Rodríguez  
Ingeniero Mecánico  
Asesor, Colegiado No. 1872

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Coordinador del Área Térmica de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado, Diseño de un sistema de aire acondicionado para la sección central del nivel # 3 del edificio general de administración de la ciudad universitaria Zona 12, del estudiante, **Mario Humberto Roldán Muñoz**, recomienda su aprobación.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

  
Ing. Julia César Molina Zaldana  
Coordinador de Área

Guatemala, mayo de 2005

/s/ndel.

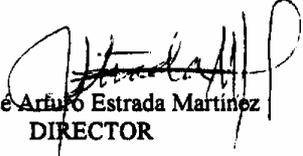
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con el visto bueno del Coordinador del área Térmica, al trabajo de graduación **Diseño de un sistema de aire acondicionado para la sección central del nivel # 3 del edificio general de administración de la ciudad universitaria zona 12**, del estudiante Mario Humberto Roldán Muñoz, procede a la autorización del mismo.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

  
Ing. José Arturo Estrada Martínez  
DIRECTOR

Guatemala, julio de 2005

/behd.



Universidad de San Carlos  
De Guatemala



Facultad de Ingeniería  
Decanato  
Tels. 24760579 Exts. 101-102-114  
Fax: 24760385

Ref. DTG-260-2005

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO PARA LA SECCIÓN CENTRAL DEL NIVEL # 3 DEL EDIFICIO GENERAL DE ADMINISTRACIÓN DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA ZONA 12**, presentado por el estudiante universitario, **Mario Humberto Roldán Muñoz**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

**IMPRÍMASE:**

  
Ing. Sydney Alexander Sambelis Wilson  
**DECANO**



Guatemala, julio de 2005

/lmcb.

## **ACTO QUE DEDICO**

**A DIOS**

**POR TODAS LAS METAS ALCANZADAS**

**A MI PADRE**

Juan Roldán Morales por sus consejos y su valiosa ayuda en toda mi carrera.

**A MI HERMANA**

Angélica María por ayudarme en toda mi carrera y por ser una persona de éxito.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Al ingeniero Arturo Estrada, por su valiosa amistad y por su colaboración en el punto de tesis.

Al ingeniero Carlos Eliseo Flores por su valiosa colaboración asesorando este trabajo de graduación.

A mis compañeros de estudio durante toda mi carrera.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VIII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XII
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XIV

### 1 TEORÍA BÁSICA

1.1 Ciclo de refrigeración mecánica .....	1
1.2 Condensador de aire forzado.....	3
1.3 Evaporador de aire forzado.....	5
1.4 Válvula de expansión termostática.....	6
1.4.1 El sobrecalentamiento en la válvula de expansión.....	8
1.5 Compresor alternativo.....	9
1.5.1 Partes de un compresor alternativo.....	13
1.6 Controles del sistema de refrigeración.....	16
1.7 Refrigerantes.....	19
1.8 Aislamientos.....	27

## **2 TRANSFERENCIA DE CALOR**

2.1 Calor latente y calor sensible.....	29
2.2 Transmisión de calor en las estructuras de los edificios.....	30
2.3 Carga térmica a través de ocupantes, luces y otros aparatos.....	31
2.4 Contaminación del aire.....	34

## **3 PSICROMETRÍA**

3.1 Condiciones del aire de suministro.....	41
3.2 Líneas de procesos en la carta psicrométrica.....	41
3.3 Cambios de calor sensible.....	42
3.4 Variación de calor latente.....	43
3.5 Variación combinada de calor sensible y calor latente.....	43

## **4 ANÁLISIS DE CONDICIONES AMBIENTALES DE LA SECCIÓN CENTRAL DEL NIVEL # 3 DEL EDIFICIO GENERAL DE ADMINISTRACIÓN**

4.1 Condiciones interiores de diseño.....	45
4.2 Condiciones exteriores de diseño.....	46
4.3 Localización, posición geográfica e instalaciones físicas.....	50
4.4 Tablas para los cálculos térmicos.....	51
4.5 Procedimiento para el cálculo de cargas térmica de la sección central.....	58

## **5 DISEÑO DEL SISTEMA DE DUCTO DE LA SECCIÓN CENTRAL DEL NIVEL # 3**

5.1 Diseño de ductos de baja velocidad.....	63
5.1.1 Método de igual fricción.....	63
5.1.2 Método de capacidad balanceada .....	64
5.2 Diseño de ductos de alta velocidad.....	65
5.2.1 Método de recuperación estática.....	66
5.3 Ganancia de calor en ductos.....	67
5.4 Nivel de ruido.....	68
5.5 Reguladores de flujo.....	69
5.6 Aire de renovación.....	70
5.7 Difusores de aire.....	71
5.8 Cálculo de ductos por medio de tablas.....	73
5.9 Esquema de la distribución de aire a través del sistema de ductos.....	77

## **6 ELECTRICIDAD**

6.1 Corriente.....	79
6.2 Voltaje.....	80
6.3 Tipos de cables.....	80
6.4 Tabla de los diferentes calibres de cables.....	85
6.5 Esquema del circuito eléctrico del equipo de aire acondicionado.....	88

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>89</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>91</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>93</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1	Circuito de refrigeración .....	1
2	Condensador de aire forzado.....	4
3	Válvula de expansión termostática.....	7
4	Efecto del rango de temperatura en el sobrecalentamiento de la válvula.....	8
5	Compresor semi-hermético.....	10
6	Compresor abierto.....	11
7	Curvas típicas de la eficiencia volumétrica del compresor.....	12
8	Presostato de baja presión.....	17
9	Termostato que muestra rangos y ajustes.....	19
10	Curva de condensación a presiones y temperaturas de aspiración.....	21
11	Curvas de condensación a presiones y temperaturas de aspiración.....	23
12	Curvas de condensación a presiones y temperaturas de aspiración.....	24
13	Relación de presiones y temperaturas entre el R-134 <sup>a</sup> y R-12....	25
14	Relación de presiones entre el nuevo refrigerante R-404 <sup>a</sup> y el R-502.....	26
15	Procesos de calentamiento y enfriamiento sensible.....	42
16	Procesos combinados de calor sensible y latente.....	44
17	Temperatura promedio mínima.....	47

18	Temperatura promedio máxima.....	48
19	Temperatura absoluta mínima.....	48
20	Temperatura absoluta máxima.....	49
21	Humedad relativa.....	49
22	Esquema de la ventana y la losa.....	58
23	Curvas y números de criterio de ruido.....	69
24	Mezclado de aire exterior.....	71
25	Para ducto redondo.....	73
26	Distribución del aire acondicionado.....	77
27	Diagrama eléctrico.....	88
28	Montaje de la manejadora en la losa.....	94

## TABLAS

I.	Descripción del consumo de los aparatos eléctricos.....	45
II.	Temperatura media bulbo seco en °F de la ciudad capital.....	46
III.	Temperatura promedio y absoluta de la ciudad capital.....	47
IV.	Factores de sombra para aleros.....	51
V.	Ganancia de calor por radiación.....	51
VI.	Factores de ganancia de calor por radiación solar a través de los vidrios.....	52
VII.	Factores de transmisión de calor.....	52
VIII.	Factores de transmisión de calor a través de pared y techo.....	53
IX.	Diferencias equivalentes de temperatura para paredes.....	56
X.	Diferencia de temperatura equivalente para ganancia de calor a través de techos planos.....	57

XI.	Infiltración cambios por hora.....	57
XII.	Niveles aceptables en un sistema de A/A .....	68
XIII.	Para ducto rectangular.....	74
XIV.	Para ducto rectangular.....	75
XV.	Dimensión del ducto de suministro y retorno.....	76
XVI.	Simbología en un cable.....	85
XVII.	Diámetro de los conductores .....	86
XVIII.	Diámetro para los tubos en instalaciones eléctricas.....	87

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>BTU</b>	Unidad térmica británica
<b>HR</b>	Hora
<b>H</b>	Entropía
<b>P</b>	Presión
<b>Ton</b>	Tonelada de refrigeración
<b>QI</b>	Calor sensible
<b>Qs</b>	Calor latente

## GLOSARIO

<b>Absorbente</b>	Capacidad de tomar (absorber) otra sustancia.
<b>Aire acondicionado</b>	Tratamiento para controlar una o más de las siguientes condiciones del aire contenido en un espacio: temperatura, humedad, limpieza y distribución.
<b>Adiabático</b>	Transferencia de calor igual a cero.
<b>Isentrópicamente</b>	Entropía constante.
<b>Carta psicrométrica</b>	Representación gráfica de la relación entre las propiedades termodinámicas del aire húmedo.
<b>Entalpía</b>	Capacidad que tiene un cuerpo de ganar o perder calor.
<b>Entropía</b>	Medida del desorden molecular.
<b>Fahrenheit</b>	Escala de temperatura en la cual el punto de

congelamiento del agua es de 32 °F y el punto de ebullición de 212 °F.

<b>Humedad</b>	Contenido de vapor de agua presente en el aire atmosférico.
<b>Metabolismo</b>	Totalidad de eventos químicos que ocurren en un sistema viviente. Calor sensible y latente emitido, dependiendo del grado de actividad y condiciones del aire a que están expuestas.
<b>Punto crítico</b>	Temperatura y presión de un fluido, por encima de las cuales no hay distinción alguna entre el estado líquido y el gaseoso.
<b>Temperatura</b>	Movimiento molecular acelerado de las partículas.
<b>Temperatura bulbo mojado</b>	Mínima temperatura obtenible por un objeto húmedo mojado con agua y expuesto a una corriente de aire; la reducción en temperatura se debe a la evaporización y constituye una medida de grado de humedad en el aire.
<b>Temperatura bulbo seco</b>	Temperatura del aire medida por un termómetro.

## **RESUMEN**

La sección central del nivel # 3 del edificio de administración, por su ubicación y posición geográfica, está muy afectado por los rayos solares con una intensidad alta por las mañanas y las tardes. Por eso fue necesario hacer un estudio de climatización para mantener una temperatura de confort para las personas que laboren en esta área. Las elevadas temperaturas y los desbalances climáticos hacen del aire acondicionado una necesidad en la actualidad para mantener una temperatura y humedad en los niveles agradables al ser humano.

La carga térmica se obtuvo tomando en cuenta todos los factores que influyen en la generación de calor interno y la transmisión de calor externo. Se realizó un estudio climático que dio como resultado la capacidad en BTU/HORA exacta para la eliminación del calor innecesario, generando un balance térmico confortable para las personas en actividad.

El tipo de equipo de aire acondicionado se seleccionó con base en los espacios internos para instalar los accesorios necesarios, teniendo en consideración los costos de operación y el diseño de decoración de las oficinas.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Diseñar un sistema de aire acondicionado para la sección central del nivel # 3 del edificio general de administración de la ciudad universitaria zona 12.

### **Específicos**

1. Elaborar el sistema básico de refrigeración y su funcionamiento con sus respectivas partes y controles integrados así como los diferentes estados del refrigerante a través de él.
2. Determinar la transferencia de calor externa e interna en un edificio, así como los tipos de calor.
3. Determinar las condiciones exteriores e interiores y los respectivos cálculos de las cargas térmicas del área que se va a acondicionar.
4. Determinar las dimensiones apropiadas de los diferentes ductos de acuerdo con el caudal llevado, así como sus respectivos dibujos de anclaje, sus accesorios y partes respectivas.
5. Seleccionar el cable de acuerdo con los parámetros dados por las tablas que especifican la cantidad de amperios consumidos por el equipo de aire acondicionado.

## INTRODUCCIÓN

Debido a las drásticas temperaturas ascendentes y los niveles de ocupación y generación de calor a través de aparatos eléctricos necesarios para que el ser humano pueda desenvolverse a plenitud en sus labores cotidianas, se ha recurrido a los sistemas de aire acondicionado como una necesidad de transformar los calurosos días de verano en ambientes agradables para las personas que laboran en este edificio.

Debido a que el edificio se ubica en un área transitada por muchos carros se ha tomado en cuenta la contaminación externa (smog) y la interna (dióxido de carbono, monóxido de carbono, entre otras), y se a recurrido a un sistema confiable en filtración, el filtro de "aire de bolsa", para que el aire tenga una calidad aceptable, libre de olores molestos y de niveles dañinos de contaminantes.

Los niveles de ruido a través de los difusores no deben sobrepasar 25 a 30 decibeles y la velocidad del aire a través de los ductos debe mantenerse constante para obtener la mejor comodidad del área ambientada. Por la posición y ubicación del edificio el aire acondicionado es de vital importancia.

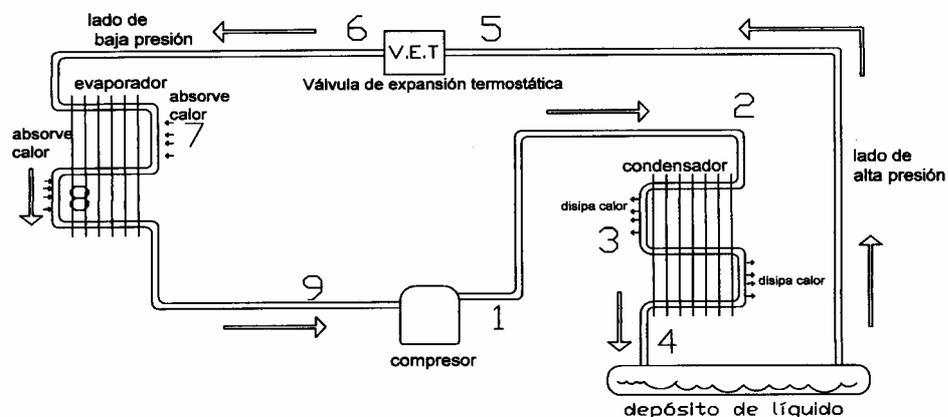
# 1. TEORÍA BÁSICA

## 1.1. Ciclo De refrigeración mecánica

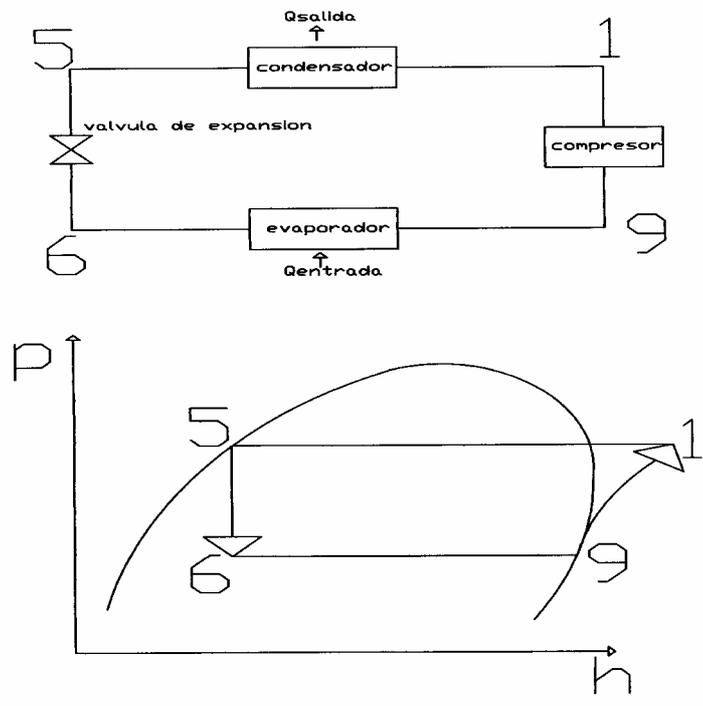
El ciclo de refrigeración tiene varios procesos a través de todo el sistema, los cuales se especifican en la figura 1.

- a. De 2 a 3 vapor saturado a alta presión y temperatura  
(Más partículas de vapor y menos de líquido)
- b. De 3 a 4 líquido saturado a alta presión  
(Más partículas de líquido y menos de vapor)
- c. De 4 a 5 Líquido a alta presión
- d. De 5 a 6 Líquido en ebullición a baja presión y temperatura
- e. De 6 a 7 Vapor húmedo (saturado) a baja presión y baja temperatura
- f. De 7 a 8 Vapor seco a baja presión y baja temperatura
- g. De 8 a 9 Vapor recalentado a baja presión y baja temperatura

**Figura 1. Ciclo de refrigeración mecánica**



### Continuación



FUENTE: José Manrique Valadez. Termodinámica. Pág. 61

- Vapor saturado en el estado 9 se comprime isentrópicamente hasta el estado 1 de vapor sobrecalentado.
- El refrigerante entra entonces en un condensador donde elimina el calor a presión constante hasta que el fluido se convierte en líquido saturado en el estado 5.
- Se expande adiabáticamente a través de una válvula de expansión hasta el estado 6.
- En el estado 6 el refrigerante es una mezcla húmeda de baja calidad, que pasa finalmente por el evaporador a presión constante. El estado del fluido que sale del evaporador está en estado de vapor sobrecalentado.

## 1.2. Condensador de aire forzado

El condensador es la parte del sistema de refrigeración en donde se disipa el calor absorbido por el refrigerante. Generalmente están contruidos de cobre con aletas de aluminio para disipar de mejor manera el calor, emplean un motor ventilador para tener una circulación de aire más efectiva a través del intercambiador. La capacidad de un condensador se basa en tres factores:

- a. Superficie total de radiación formada por el área del tubo y las aletas.
- b. Temperatura del aire ambiente en que está emplazado el condensador.
- c. Velocidad del aire a través del condensador.

Para los condensadores enfriados por aire, se tiene una relación definida entre el tamaño (frontal) del condensador y la cantidad del aire que circula; dentro de ciertos límites, es crítica la velocidad del aire que circula a través del condensador. Los buenos diseños prescriben la velocidad mínima de aire que producirá flujo turbulento y alto coeficiente de transferencia. El aumentar la velocidad del aire a un valor más alto causará una caída excesiva de presión a través del condensador.

La velocidad del aire que está pasando a través del condensador enfriado, es función de la parte que está al frente del condensador y de la cantidad de aire que circula.

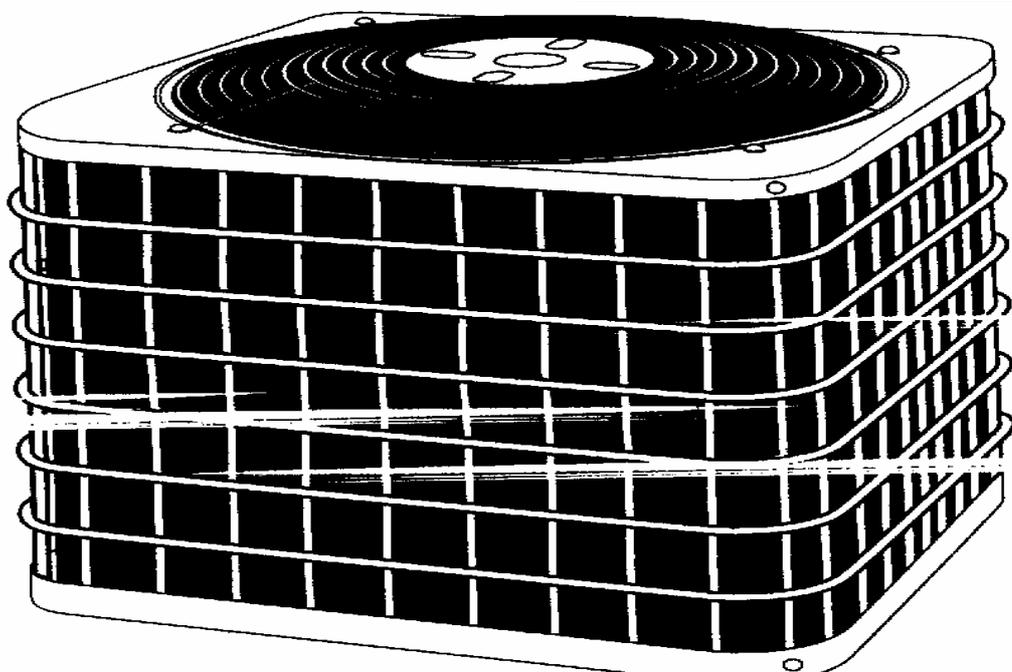
La relación está dada por la siguiente ecuación:

$$V = Q/A$$

V= velocidad del aire      Q = caudal de aire      A = área del frente condensador

Normalmente la velocidad del aire que pasa sobre los condensadores enfriados con aire está entre 500 y 1000 pies por minuto. Sin embargo, debido a las diferentes variables involucradas, la velocidad óptima para un diseño específico de condensador se determina mejor mediante experimentación.

**Figura 2. Condensador de aire forzado**



Fuente: Manual de aire acondicionado carrier. Pág. 1

### **1.3. Evaporador de aire forzado**

Un evaporador es cualquier superficie de transferencia de calor en la cual se vaporiza un líquido para eliminar el calor del lugar que se va a acondicionar.

Los evaporadores de aire forzado son esencialmente serpentines de tubo aleteado. Las aletas por lo general se construyen de aluminio y sirven como superficies secundarias absorbentes de calor. Estas aletas se extienden hacia fuera y ocupan los espacios abiertos entre los tubos. Actúan como colectores de calor absorbiendo el calor que ordinariamente no estaría en contacto con la superficie principal y conducen este calor a la tubería. Es evidente que para que las aletas sean efectivas, deberán estar unidas a la tubería de tal manera que se asegure un buen contacto entre las aletas y la tubería. En algunos casos, las aletas están soldadas directamente a la tubería; en otros, las aletas se hacen deslizar sobre la tubería y se hace expandir al tubo por presión o mediante algún otro medio, lo que permite a las aletas quedarse bien sujetadas en la superficie del tubo estableciéndose un buen contacto.

La cantidad de aletas por pulgada es de 1 a 14, dependiendo principalmente de la temperatura de operación del serpentín. El evaporador va colocado en una carcasa metálica o de aluminio equipado con uno o más ventiladores para proporcionar la circulación adecuada del aire. La capacidad de enfriamiento de cualquier evaporador está directamente relacionado con la cantidad de aire ( en pies cúbicos por minuto) que está circulando sobre el evaporador. La cantidad de aire necesaria para una capacidad de evaporador dada, básicamente, depende de dos factores:

- a. La relación de calor sensible.
- b. La caída de temperatura del aire al estar pasando sobre el evaporador.

La relación de calor sensible es la relación entre la capacidad de enfriamiento del evaporador y la capacidad total de enfriamiento. Cuando el aire es enfriado debajo de la temperatura del punto de rocío, se reducen tanto la temperatura como el contenido de humedad del aire. La reducción de temperatura es el resultado del enfriamiento sensible, mientras que la humedad eliminada es debida al enfriamiento latente. El rango de velocidades del aire que llega por el frente al serpentín es de 200 a 500 pies por minuto para unidades de velocidad baja, de 500 a 800 para unidades de velocidad media, y de 800 a 1,200 pies por minuto para unidades de velocidad alta.

#### **1.4. Válvula de expansión termostática**

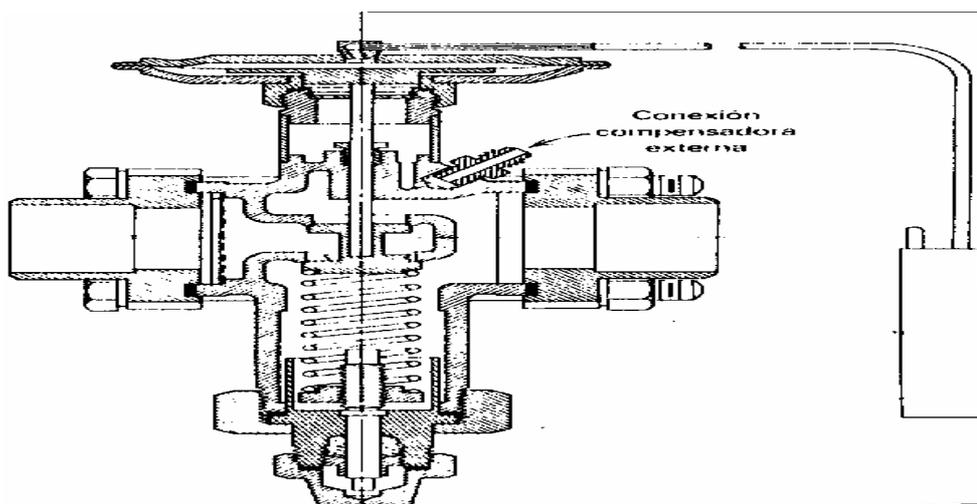
Estas válvulas actúan por temperatura y su función es regular la entrada del refrigerante al evaporador, colocando un elemento termostático en la tubería de succión para la sensibilización de la temperatura.

El elemento termostático va cargado con el mismo refrigerante usado en el sistema donde se instala la válvula (se halla generalmente en estado líquido, aunque también existen fabricantes que lo cargan con gas). Está conectado por medio de un tubo capilar muy delgado que se instala en contacto con el tubo de salida del evaporador. Los cambios de temperatura afectan al refrigerante contenido en el elemento termostático, por lo que cuando aumenta la temperatura sube igualmente la presión dentro del citado elemento o viceversa. Así actúa sobre el fuelle del mismo dando lugar a que se abra la válvula al aumentar la presión y que se cierre al bajar aquella.

El funcionamiento del mecanismo es de la siguiente manera. Antes de la admisión del refrigerante, al ponerse en marcha el sistema, el bulbo termostático

está caliente y la presión en todo el elemento es, por consiguiente alta, lo que hace que se extienda el fuelle que impulsa el vástago hacia abajo contra el fuelle y que a su vez mueve el tornillo de sujeción y desplaza el punzón de su asiento abriéndose el paso del refrigerante líquido, que pasa al evaporador. Después de entrar en el evaporador, dicho refrigerante líquido se expande y aumenta la presión del lado de baja del sistema, la cual al responder sobre el fuelle tenderá a cerrar la válvula de expansión termostática. El funcionamiento del compresor hará que descienda y abrirá nuevamente el paso de líquido al evaporador. Continuando el funcionamiento del equipo, el evaporador llegará a escarcharse totalmente y empezará a cubrir la línea de aspiración hasta el lugar donde está instalado el bulbo de la válvula, que también se escarchará y motivará a que el consiguiente descenso de presión en su interior contraiga el fuelle del elemento termostático y haga cerrar en parte la válvula.

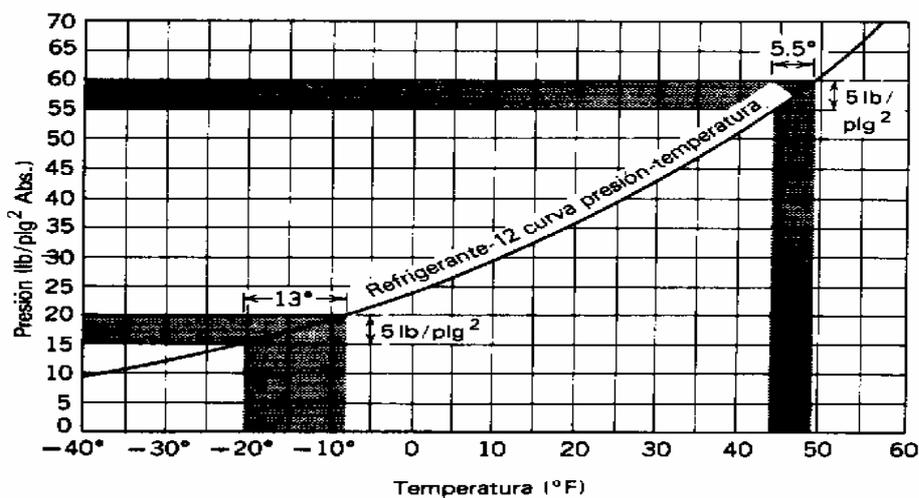
**Figura 3. Válvula de expansión termostática**



### 1.4.1. Recalentamiento de la válvula de expansión termostática

Es la diferencia que existe entre la temperatura del refrigerante evaporado en el tubo de aspiración y la de ebullición del líquido en el mismo evaporador. Bajo condiciones normales de funcionamiento, dicha diferencia de temperatura es de 5.5 °C y evapora el refrigerante líquido a -12 °C en el evaporador. El gas, al salir por el tubo de aspiración, tendrá una temperatura de -6.5 °C. Al Abrir o cerrar el paso de líquido por medio del dispositivo regulador, que varía en su forma de acuerdo con cada modelo de fabricante, se disminuye o aumenta dicha diferencia de temperatura y obtiene la presión media de aspiración adecuada y la temperatura deseada de ebullición del refrigerante. La tabla siguiente nos muestra el efecto del rango de temperatura en el sobrecalentamiento de la válvula de expansión termostática.

**Figura 4. Efecto del rango de temperatura en el sobrecalentamiento de la válvula**



Fuente:

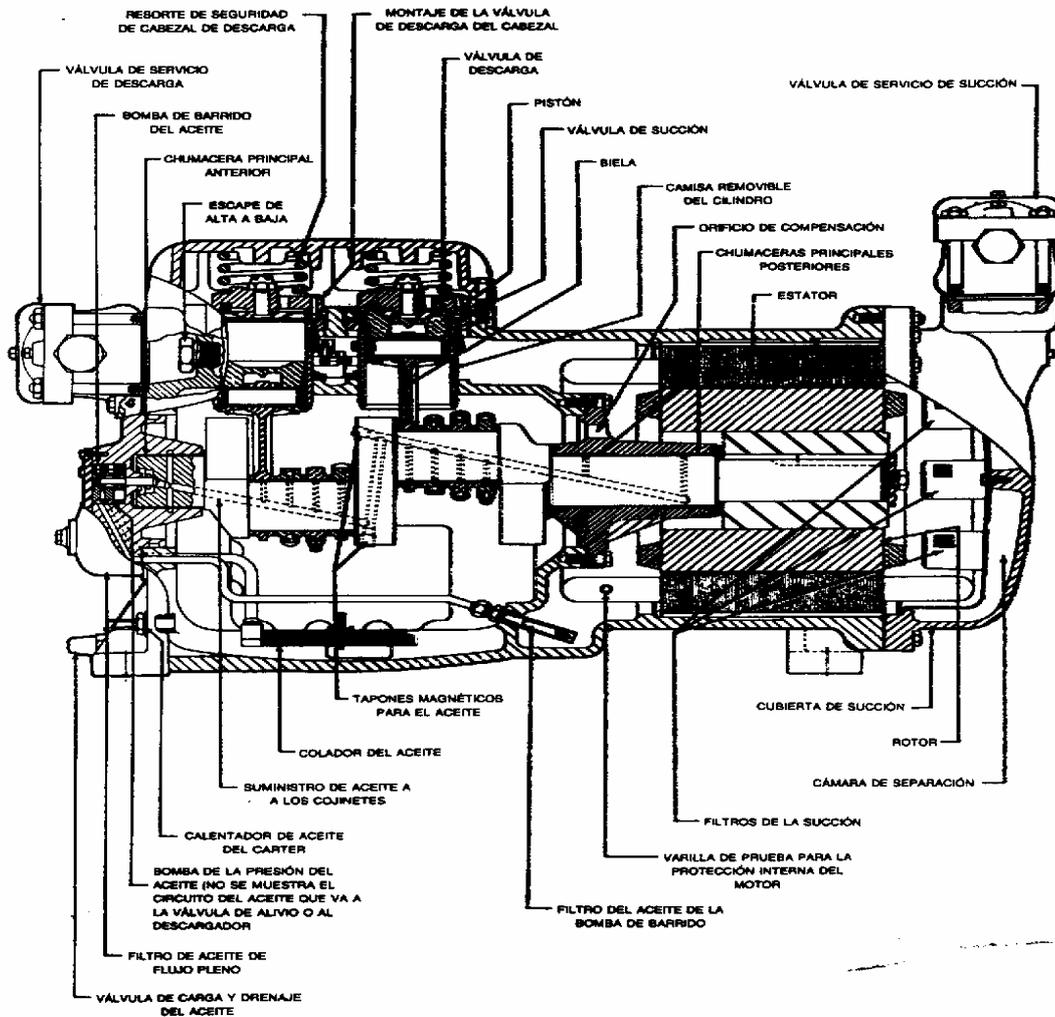
## 1.5. Compresor alternativo

Este tipo de compresor es el encargado de mantener en circulación el refrigerante en todo el sistema, posee en su mecanismo un eje cigüeñal que le da el movimiento ascendente y descendente a los pistones; por lo tanto, tiene un punto muerto superior y otro punto muerto inferior que es donde el compresor pierde su eficiencia. Estos compresores por su diseño pueden ser:

- Hermético
- Semi-hermético
- Abierto
  
- **Herméticos:** es cuando el compresor y el motor están integrados en un eje, y contenidos ambos en una caja soldada y sellada a presión. Es compacto, silencioso y de bajo costo, y no puede ser reparado ya que es desechable al momento de una avería interna en el compresor.
  
- **Semi-herméticos:** estos compresores permiten atender fácilmente su mantenimiento y reparación al hacer accesible su mecanismo interior. La diferencia de estos moto-compresores es que el motor eléctrico y todo su mecanismo van acoplados internamente en dos partes y a su vez se pueden cambiar sus partes móviles o eléctricas. En estos compresores se debe prevenir la presencia de humedad, pues por hallarse incorporado el motor eléctrico dentro del circuito de aire acondicionado, las dificultades internas son lodos, corrosiones, etc. Cuando se causa una avería en alguna parte móvil o por defecto de protección eléctrica, se produce la quema del motor. Debe efectuarse el desmontaje y limpieza de todo el circuito a fin de eliminar los ácidos que por dicho motivo se producen para evitar que pueda contaminarse el compresor nuevo.

-

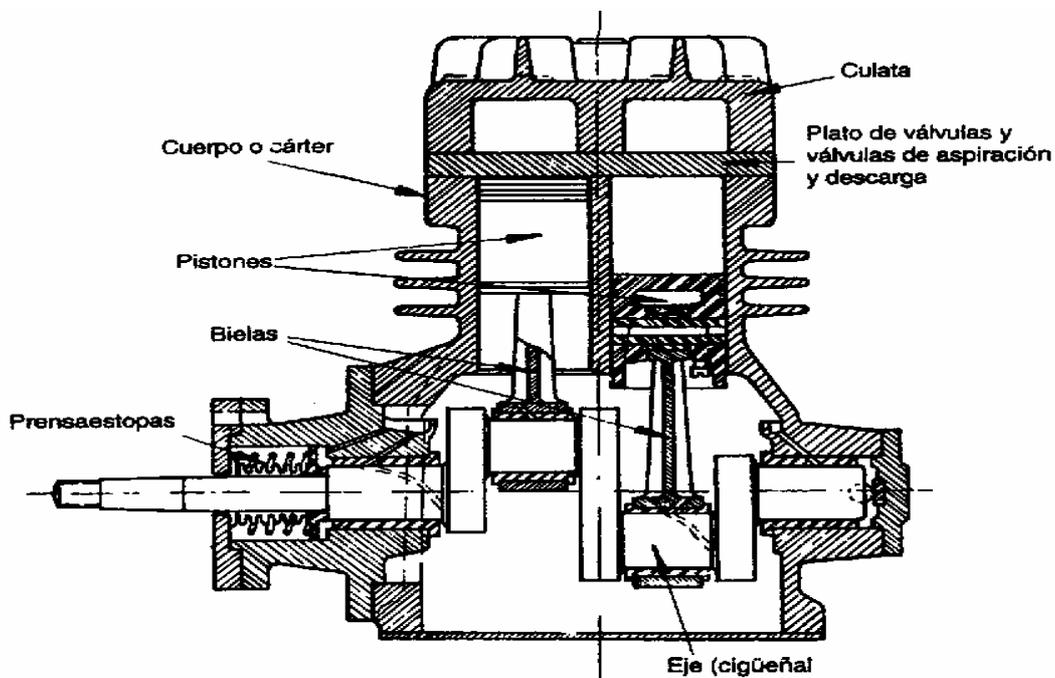
Figura 5. Compresor semi-hermético



Fuente: Alarcón Creus. Refrigeración Práctica. Pág. 9

- **Abiertos:** Se llama compresor abierto a consecuencia de que sus partes móviles se pueden desmontar. A su vez, la rotación del compresor se debe a que sale una polea de él y gira por medio de una faja que está unida a otra polea de un motor eléctrico en forma independiente.

Figura 6. Compresor abierto



Fuente: Alarcón Creus. Refrigeración Automática: Pág. 66

- **Desplazamiento y especificaciones del compresor:** el desplazamiento de un compresor es una función del pistón (diámetro interior del cilindro) y de la carrera, del número de cilindros y la velocidad. Se determina mediante la siguiente fórmula.

$$V = \frac{3.1416 \times 2 \text{ radio} \times L \times N \times \text{rpm}}{4 \times 1728}$$

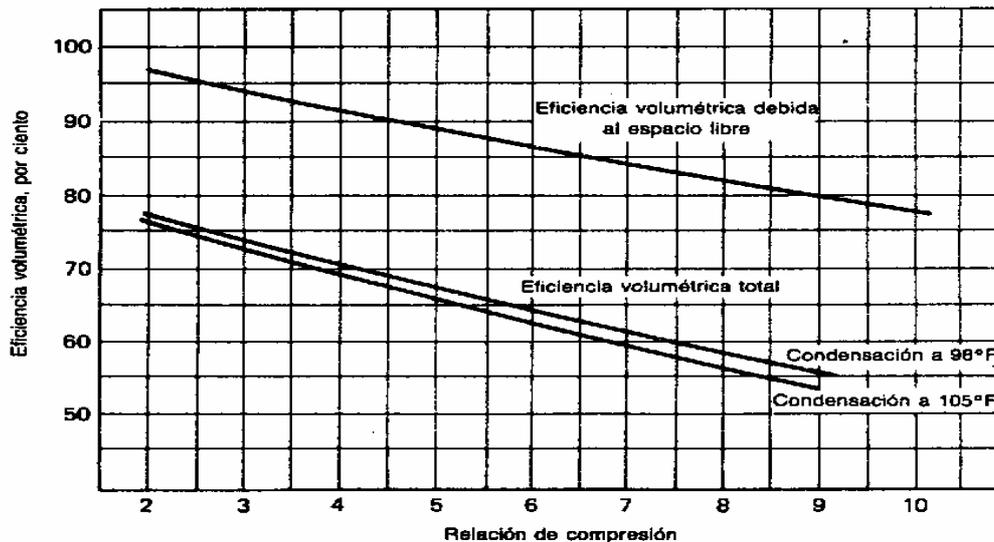
V= desplazamiento del compresor

N= número de cilindros

rpm = revoluciones por minuto

La siguiente tabla nos muestra las curvas típicas de la eficiencia volumétrica del compresor; 3.8% de volumen de tolerancia y temperaturas del gas de 65 °F.

Figura 7. Curvas típicas de la eficiencia volumétrica del compresor



Fuente: Alarcón Creus. Refrigeración Automática. Pág. 113

### 1.5.1. Partes de un compresor alternativo

Las partes de un compresor alternativo son las siguientes:

- **Eje cigüeñal:** se fabrica de acero fundido o acero forjado y tiene cojinetes revestidos de material antifricción. El eje cigüeñal puede ser de forma enteriza o de bulones.
- **Pistones:** son de aleaciones de aluminio ya que trabajan a altas velocidades. Normalmente van equipados con segmentos rectificadas que aseguran una perfecta hermeticidad con el cilindro. Existen algunos modelos que no llevan segmentos en los pistones, los cuales van dispuestos en ranuras en sustitución de aquellos. Los pistones sin segmento se emplean en los compresores que trabajan a velocidades altas.

En los modelos de los compresores corrientes, los pistones llevan dos o más segmentos variando en algunos su emplazamiento. Otros tipos de pistón llevan segmentos para engrase del pistón, los cuales van colocados en la parte inferior del mismo. Los segmentos están contruidos de hierro fundido y deben manejarse con el mayor cuidado, especialmente cuando se sacan del pistón a fin de evitar su rotura. El calor los dilata, por lo que se ajustan en principio más fuertemente que en los automóviles ya que en estos la temperatura es más elevada que en los compresores de aire acondicionado

La velocidad de la manivela y del pistón suponer un esfuerzo por reducir el tamaño y peso del compresor; la tendencia en el diseño de los compresores modernos es a la operación a velocidades de rotación altas. Debido a que el desplazamiento del pistón en el cilindro se encuentra en función del diámetro, carrera, revoluciones por minuto, se deduce que al aumentar las revoluciones por minuto, podrán disminuirse proporcionalmente el diámetro y la carrera sin que tenga disminución el desplazamiento, y sin que se tenga cambio de eficiencia del compresor.

Es muy común tener velocidades angulares entre 500 y 1,750 revoluciones por minuto, pero algunos compresores trabajan satisfactoriamente a velocidades hasta de 3,500 revoluciones por minuto. La velocidad angular máxima en el compresor está más o menos limitada por la velocidad lineal máxima permitida en el pistón. Teóricamente no tienen límite las velocidades del pistón. Sin embargo, como medida se tiene la limitación de 800 pies por minuto como velocidad

máxima del pistón. La velocidad del pistón depende de las revoluciones por minuto del compresor y de la longitud de la carrera del pistón.

La velocidad máxima a la cual un compresor en particular puede girar sin exceder las velocidades admisibles del pistón, depende de la longitud de la carrera. Mientras más corta sea la carrera, mayores serán las revoluciones máximas permitidas.

- **Ejes de pistones:** son de acero endurecido o esmerilado con tolerancias muy rigurosas. Los modelos más utilizados son:
  - Va ajustado fuertemente al alojamiento del pistón y se fija en la biela por medio de un pasador, con la superficie de rozamiento en la misma biela
  - No va sujeto y puede moverse libremente tanto en la biela como en el pistón. Lleva unos tapones de latón en los extremos para no rozar los cilindros. Debe esperarse un desgaste natural de los ejes del pistón puesto que se halla más alejado del aceite lubricante que el cigüeñal y otras partes móviles del compresor. En este caso, pueden colocarse nuevos ejes.
- **Válvula de descarga:** tienen dos funciones primero: mantener un cierre hermético entre la parte alta y baja del sistema durante el ciclo de parada, para evitar que el refrigerante descargado retroceda de nuevo en la cámara del cilindro. Este cierre mantiene la presión de alta necesaria en el depósito de líquido. En segundo lugar, abrirse a cada movimiento del pistón, para cerrarse al completar la compresión, para evitar el retroceso de gases cuando el pistón desciende. Existen varios tipos de válvulas de descarga.

El que se emplea generalmente es el de tipo de disco, muy similar a la válvula del pistón y que, como aquella, puede ser de mayor o menor espesor. Otros tipos adoptan formas de lengüeta, de cruz, romboides, etc.

- **Válvulas de succión:** las válvulas de succión van colocadas en el mismo plato que la de descarga accionando en sentido opuesto a ellas.
- **Culata:** la culata es de hierro fundido y se encuentra encima del mismo cilindro y plato de válvulas. La culata se halla en la parte de alta presión del sistema. Las tuercas de fijación de la misma deben ir fuertemente apretadas a fin de evitar toda fuga de refrigerante a través de las juntas entre el plato de válvulas y la culata. Cualquier señal alrededor del plato de válvulas y culatas es prueba evidente de que existe una fuga en aquel punto.

## 1.6. Controles del sistema de refrigeración

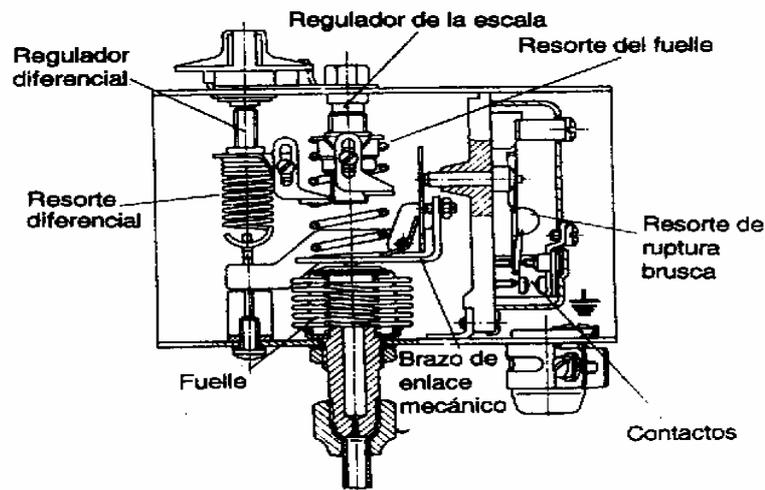
Los controles del sistema de aire acondicionado son los encargados de hacer funcionar el sistema y, al mismo tiempo, parar cuando este ha llegado a su temperatura o presión requerida en el ambiente. Entre los que podemos mencionar, están los siguientes:

- **Control de presión de baja:** se usan en controles de seguridad y actúan para interrumpir el circuito y parar el compresor cuando la presión en el lado de baja se vuelve muy pequeña y para cerrar el circuito y hacer trabajar el compresor cuando la presión del lado de baja retorna a su valor normal. Las pérdidas de presión en la tubería de succión de ninguna manera

afectan a la fijación de la presión de conectar el control. Debido a que la caída de presión es función de la velocidad del flujo, no tendrá ninguna caída de presión en la tubería de succión cuando el sistema esté sin trabajar.

Tan pronto el ciclo de compresión deja de operar, la presión en la succión del compresor se eleva hasta la presión del evaporador de modo que al tiempo que el ciclo de compresión empieza, la presión en la entrada del compresor es igual a la presión que se tiene en el evaporador.

**Figura 8. Presostato de baja presión**



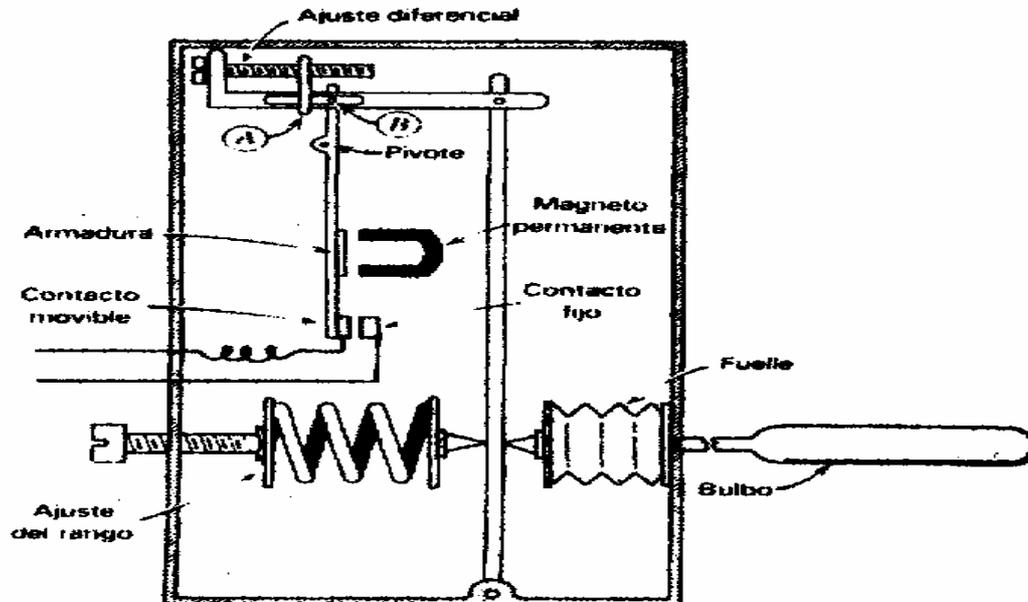
Fuente: Alarcón Creus. Refrigeración automática. Pág. 193.

- **Control de presión de alta:** estos controles se usan solamente como seguridad; se conectan en la descarga del compresor. El objetivo del control de presión de alta es parar al compresor en caso de que la presión en el lado de alta del sistema llegara a tener un valor excesivo. Esto se hace a fin de prevenir posibles daños al equipo. Cuando la presión en el lado de alta se eleva arriba de un valor determinado, actúa el control de presión de alta interrumpiendo el circuito y parando al compresor. Cuando

la presión sobre el lado de alta regresa a su valor normal, actúa el control de presión de alta cerrando el circuito.

- **Termostato:** los termostatos tienen un bulbo. Al igual que las válvulas de expansión termostáticas, van cargadas con un gas apropiado, conectado por medio de un tubo capilar a un fuelle, que al provocar las diferencias de presión causadas por las variaciones de temperatura acciona el interruptor que cierra o abre el circuito eléctrico en relación con aquella. Otra característica destacada de algunos modelos de termostatos es el mecanismo o relee térmico que protege al motor y actúa cuando este sufre una sobrecarga por causa de alguna anomalía en el sistema de aire acondicionado.
- El termostato es ajustado para iniciar el movimiento del compresor cuando la temperatura del recinto aumenta hasta el valor máximo predeterminado (la temperatura de conectar) y para parar al compresor cuando la temperatura del recinto es reducida hasta un valor mínimo predeterminado. La diferencia entre conectar y desconectar se le llama diferencial. En general, el tamaño del diferencial depende de cada particular y de la localización del elemento sensible. El diferencial está ordinariamente alrededor de 6 °F o 7 °F. Cuando el termostato se coloca en el evaporador, el diferencial debe estar entre 15 °F y 20 °F. Además del diferencial, el control de los ciclos tiene otro ajuste llamado rango, el cual también está asociado con las temperaturas de conexión y desconexión, aunque al igual que para el diferencial, el rango puede ser definido como la diferencia entre las temperaturas de conexión y desconexión. Aun cuando es posible cambiar el rango sin cambiar el diferencial, no es posible cambiar el diferencial sin cambiar el rango.

Figura 9. Termostato que muestra rangos y ajustes



Fuente: Roy J. Dossat. Principios de refrigeración. Pág. 300

## 1.7. Refrigerantes

Un refrigerante es cualquier cuerpo o sustancia que actúa como agente de enfriamiento absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia. Todo refrigerante debe reunir en el mayor grado posible las siguientes cualidades.

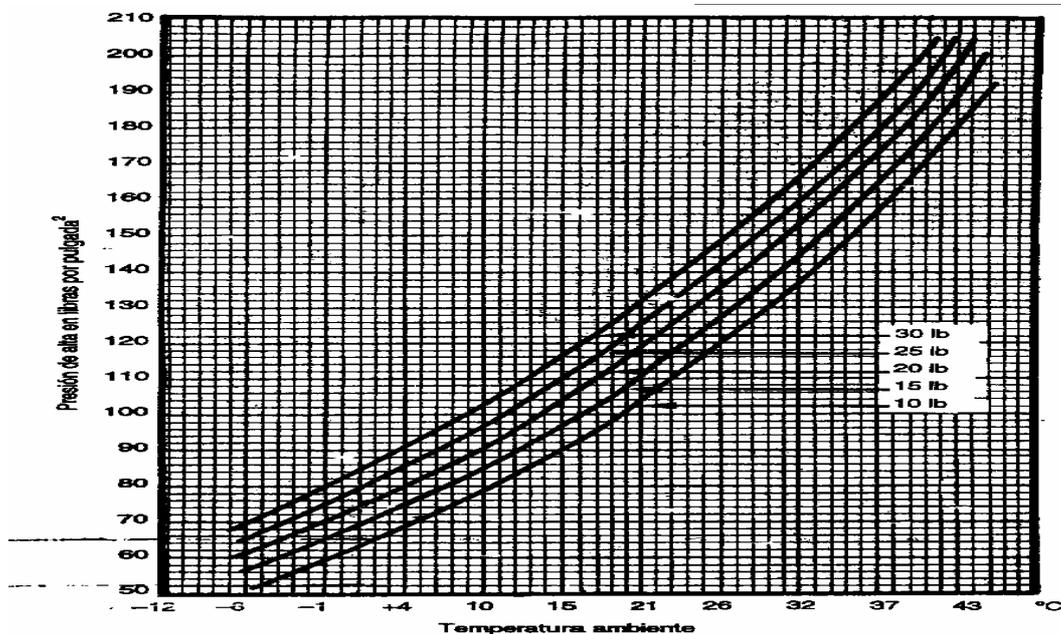
- **Calor latente de evaporación:** el número de calorías que debe obtener en su ebullición ha de ser muy elevado, a fin de emplear la menor cantidad posible de refrigeración en el proceso de evaporación y para obtener una temperatura determinada.
- **Punto de ebullición:** deberá ser lo suficientemente bajo como para que sea inferior a la temperatura de los alimentos que se depositen en el refrigerador para su enfriamiento o conservación.

- **Temperaturas y presiones de condensación:** habrán de ser bajas para condensar rápidamente las presiones de trabajo normales y las temperaturas usuales del medio enfriador que se emplee en el condensador.
- **Volumen específico del refrigerante evaporado:** es el espacio que ocupa el refrigerante en estado de vapor, el cual ha de ser lo más reducido posible.
- **Temperatura y presión crítica:** todos los refrigerantes tienen un punto en que se condensan, por grande que sea la presión que se les aplique. A esta temperatura se le llama punto crítico, y a la presión correspondiente a dicha temperatura se le llama presión crítica.
- **Efecto sobre el aceite lubricante:** todos los compresores requieren lubricación, por lo que la naturaleza del refrigerante no ha de afectar seriamente la del aceite empleado, descomponiéndolo.
- **Propiedades de inflamación o explosión:** es muy conveniente que no sea inflamable ni explosivo.
- **Propiedades tóxicas:** no deben ser tóxicos, y por consiguiente, no han de resultar nocivos para el cuerpo humano.

Entre los refrigerantes podemos mencionar los siguientes.

- R-12:** es uno de los compuestos, de los llamados freón, más usado en aire acondicionado. Se compone de un átomo de carbono, dos de cloro, dos de flúor, para formar una molécula de diclorodifluorometano. Su fórmula química es  $\text{CCL}_2\text{F}_2$  y el nombre usado actualmente es R-12. No tiene olor ni color y su punto de ebullición es de  $-30\text{ }^\circ\text{C}$ , a la presión atmosférica. Los vapores del R-12 no afectan los ojos, la nariz, la garganta, los pulmones o la piel; no es inflamable ni explosivo. En la siguiente tabla se muestra la curva de presiones de condensación a diversas presiones de aspiración y temperatura ambiente del R-12. Este refrigerante está siendo discontinuado hoy en día porque daña la capa de ozono y, por consiguiente, el ambiente.

**Figura 10. Curva de condensación a presiones y temperaturas de aspiración**

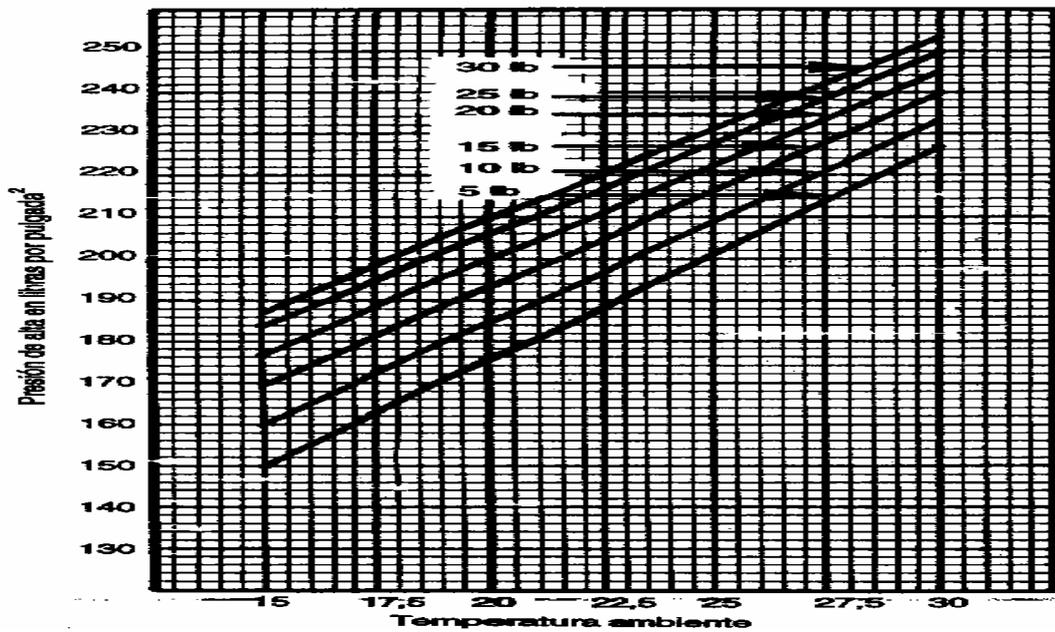


Fuente: Alarcón Creus. Refrigeración automática. Pág. 2

- R-22:** este refrigerante está formado por un átomo de carbono, uno de hidrógeno, uno de cloro y dos de flúor. Su fórmula química es  $\text{CHCLF}_2$  (monoclorodifluorometano). Su punto de ebullición es de  $-40\text{ }^\circ\text{C}$  a la

presión atmosférica. Se debe que seleccionar muy cuidadosamente el aceite que se emplee en instalaciones de R-22 y que deban trabajar a muy bajas temperaturas. El R-22 y los aceites lubricantes se mezclan en la compresión. El espesor del aceite depende de la cantidad que contenga el refrigerante líquido y de las propiedades del aceite, que deberán ser de un alto grado de refinamiento. La solubilidad del agua con el R-22 es aproximadamente ocho veces mayor que la del R-12. Una instalación de R-22, que esté perfectamente deshidratada al ponerla en funcionamiento, es capaz de absorber una mayor cantidad de humedad que una instalación con R-12. Este refrigerante está siendo descontinuado hoy en día porque daña la capa de ozono y, por consiguiente, el ambiente.

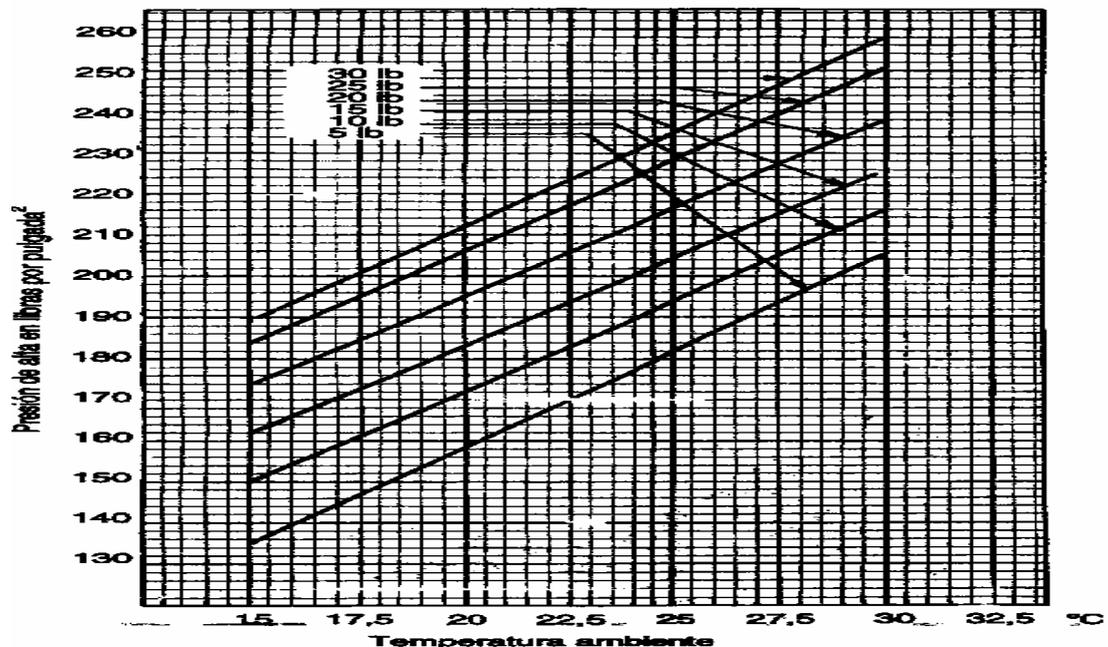
Figura 11. Curva de condensación a presiones y temperaturas de aspiración



Fuente: Alarcón Creus. Refrigeración automática. Pág. 30

- **R-502:** es una mezcla azeotrópica de R-22 y R-115 (es una proporción de 48.8% del primero y 51.2% del segundo), al igual que los demás refrigerantes de la llamada freón, no es inflamable, anticorrosivo y no es tóxico, el punto de ebullición es de 5 grados centígrados más bajo que el R-22 y R-12 en general la capacidad y características de estabilidad son iguales o quizá mejores que las del R-22, con temperaturas de descarga más bajas, de 16 a 20 °C se recomienda en algunos casos un separador de aceite en la línea de descarga, así como la obtención de velocidad de aspiración lo suficientemente alta para un buen retorno de aceite, y el tendido de líneas de aspiración con una inclinación adecuada que facilite el retorno, este refrigerante está siendo discontinuado hoy en día por dañar la capa de ozono.

Figura 12. Curva de condensación a presiones y temperaturas de aspiración

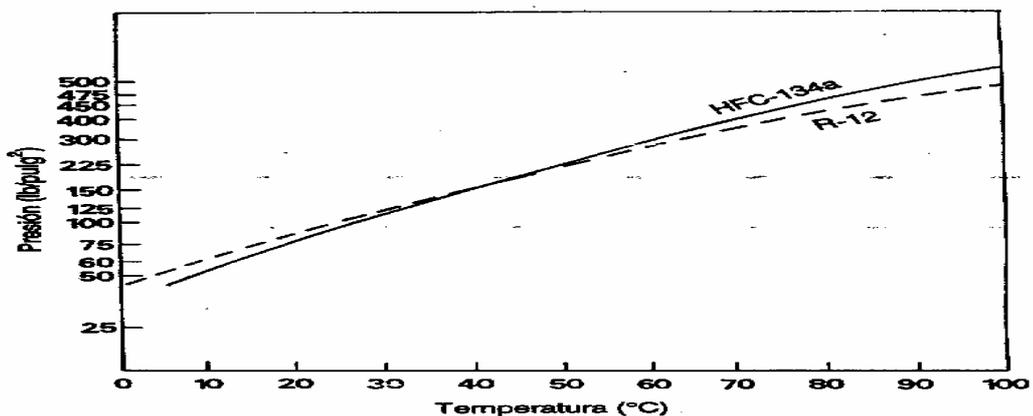


Fuente: Alarcón Creus. Refrigeración automática. Pág. 32

- R-134a:** su nombre químico es 1, 1, 1, 2,-tetrafluproetano y la fórmula es  $\text{CH}_2\text{-FCF}_3$ . Es un gas exento de cloro, químicamente estable e inerte. No es tóxico ni inflamable y su principal cualidad es que no degrada la atmósfera. Sus presiones de aspiración son más bajas que las de R-12 al que sustituye; en cambio, las presiones de condensación son ligeramente altas. De baja capacidad térmica y alta conductibilidad térmica, sus temperaturas de trabajo son apropiadas para las instalaciones de frío y aire acondicionado. Hasta temperaturas de evaporación de  $-10\text{ °C}$ , su rendimiento es igual que el R-12. No se recomienda para trabajar a temperaturas de evaporación inferiores a  $-20\text{ °C}$ . En consecuencia, los intercambiadores de calor pueden tener básicamente la misma superficie que para R-12.
- Se recomiendan los aceites POE (poliéster), a base de éster, autorizados por los fabricantes de compresores y que desde luego no pueden

mezclarse. Se recomienda la colocación de un filtro en la aspiración, ya que los aceites de éster tienen la tendencia de limpiar y arrastrar impurezas. Este refrigerante es compatible con el cobre, latón, hierro fundido y aluminio con sus aleaciones. En cambio, no es compatible con el zinc, magnesio, plomo y las aleaciones de aluminio con más de 5% de magnesio.

**Figura 13. Relación de presiones y temperaturas entre R-134<sup>a</sup> y R-12**

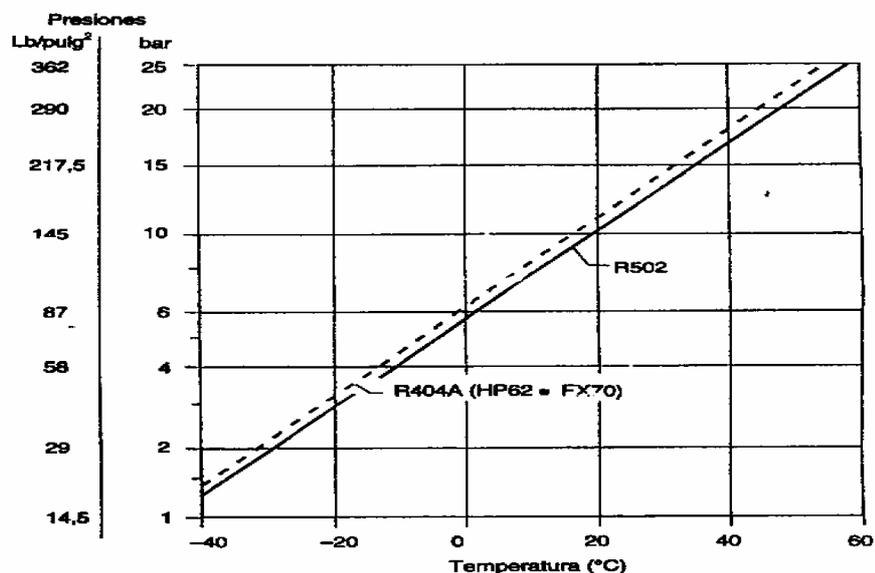


Fuente: Alarcón Creus. Refrigeración automática. Pág. 37

- R-404a:** su fórmula química  $\text{CHF}_2\text{CF}_3/\text{CH}_3\text{CF}_3/\text{CH}_2\text{FCF}_3$  y es un azeotropo compuesto de R-143a/R-125 y R134a (44% 52% y 4%). Todos estos componentes básicos, HFC, están absolutamente exentos de cloro. El R404a corresponde al SUVA MP62 producido por Dupont y al FX70 de Atoche. Una característica de este refrigerante es que trabaja a temperaturas de descarga más bajas que el R502, 8 °C menos, lo que permite la instalación de sistemas de un solo escalón para la obtención de bajas temperaturas. Debe emplearse aceites POE, a base de éster, según a las recomendaciones de los fabricantes de compresores teniendo en cuenta el tendido y dimensionado de las tuberías para asegurar el debido

retorno de aceite al cárter del compresor. Debido a la tendencia de los aceites poliéster de limpiar el circuito y la consiguiente posibilidad de arrastrar impurezas, se recomienda la instalación de un filtro en la aspiración.

**Figura 14. Relación de presiones entre el nuevo refrigerante R-404a y el R-502**



Fuente: Alarcón Creus. Refrigeración automática. Pág. 39.

### 1.8. Aislamiento

Su función principal es minimizar y retardar la transferencia de calor a través de las paredes con aislamiento. Podemos mencionar los siguientes aislantes usados en la industria de la refrigeración y aire acondicionado.

- **Plancha de corcho:** está formado por celdillas y se suministra en planchas rectangulares. Tiene una densidad de 6 a 10 lb/ft<sup>3</sup>, una resistencia de 20 lb/pulgada<sup>2</sup> y una conductividad térmica aproximadamente de 0.025 btu ft/hr ft<sup>2</sup> °F. Los grosores normales usados en la conservación de alimentos son

de 10 cm para obtener un aislamiento bueno y 15 cm para consideraciones excelentes. Para congelamiento de alimentos, el espesor es de 20 cm.

- **Fibra de vidrio:** este material es usado para aislar los ductos del suministro del aire acondicionado y con un espesor de 1 pulgada tiene una densidad de 1 lb/ft<sup>3</sup>.
- **Poliuretano:** los poliuretanos son plásticos celulares usados como aislamiento, los cuales son mejores y más baratos que las sustancias naturales. Su densidad está comprendida entre 1.5 y 6 lb/ft<sup>3</sup> y su conductividad térmica esta entre 0.02 y 0.025. Su resistencia a la tracción es de hasta 15 lb/pulgada<sup>2</sup> y su resistencia a la compresión hasta 85 lb/pulgada<sup>2</sup>.

## **2. TRANSFERENCIA DE CALOR**

### **2.1. Calor latente y calor sensible**

La energía térmica transferida o proveniente de una sustancia puede provocar un cambio en la fase de la sustancia así como un cambio de temperatura. A la energía térmica que cause o produzca un cambio en la temperatura de la sustancia se le llama calor sensible, mientras que a la energía térmica que produzca un cambio en la fase de la sustancia se le llama calor latente.

Al producirse un aumento en la temperatura, casi todos los materiales experimentan dos cambios en su estado de agregación. Primero, pasan de la fase sólida a la fase líquida y, después, al seguir aumentando la temperatura, el líquido alcanza un valor tal que no puede existir como líquido, y pasa a ser vapor. Cuando ocurre un cambio entre las fases sólidas y líquidas, el calor latente involucrado se le conoce como calor latente de fusión. Cuando ocurre un cambio entre las fases de líquido y vapor, en cualquier dirección, al calor latente involucrado se le llama calor latente de vaporización.

### **2.2. Transmisión de calor en las estructuras de los edificios**

El término envoltura del edificio se refiere a las paredes, techos, pisos y ventanería que están en el exterior de un edificio. A través de estos componentes, la energía entra y sale del edificio por medio de la transferencia de calor. Es necesario hacer estimaciones adecuadas de las tasas correspondientes de calor para diseñar un sistema aceptable de acondicionamiento de aire. En la estructura habitual, las paredes y techos son ensambles complejos de diferentes materiales. Con frecuencia, las ventanas están hechas de dos o más capas de cristales, con espacios de aire entre ellas, y tienen persianas o cortinas. En los sótanos, los

pisos y las paredes están en contacto con el suelo. Debido a estas condiciones, es difícil elaborar cálculos precisos de las tasas de transferencia de calor. No obstante, la experiencia y los datos experimentales permiten hacer estimaciones confiables. Los procesos de pérdidas y ganancia de calor que ocurren en los edificios se hace a través de: conducción, convección y radiación.

El término ventanería se refiere al conjunto de aperturas cubiertas con placas translúcidas o transparentes que contiene la envoltura de un edificio. Los componentes de la ventanería incluyen:

- a. El material translúcido transparente: vidrio o plástico.
- b. Toldos y otras piezas de sombreado exteriores.
- c. Persianas, cortinas y otras piezas de sombreado interior.
- d. Sistemas de sombreado integrados (entre cristales).

El balance térmico de la superficie exterior asegura que la transferencia de calor debida a la ganancia de calor absorbido, la convección y la radiación de onda larga esté balanceada con la transferencia de calor por conducción. A la larga, esto ocurre si se calcula la temperatura superficial que permite obtener un balance térmico.

### **2.3. Carga térmica a través de ocupantes, luces y otros aparatos**

Las ganancias de calor interior (personas, luces y otros aparatos) con frecuencia incrementan significativamente la carga de enfriamiento requerida en los edificios comerciales e institucionales. De hecho, en algunos edificios grandes de oficinas, las ganancias de calor interior constituyen la carga de enfriamiento

principal, de tal forma que los edificios necesitan enfriamiento a lo largo de todo el año, incluso durante el invierno.

Las ganancias de calor interior constituyen una parte importante tanto del balance térmico de la superficie interior (cuando se manifiesta en forma de radiación) como del balance térmico del aire de la zona (cuando se manifiesta en forma de convección).

- **Ocupantes:** la ganancia de calor producida por los ocupantes tiene dos componentes: el componente sensible y el componente latente. El calor total y las proporciones de calor sensible y latente varían dependiendo del nivel de actividad de las personas. En la tabla se proporcionan datos sobre ganancias de calor producidas por los ocupantes de los espacios acondicionados, los cuales están basados en los datos sobre generación de calor metabólico. Aun cuando los datos de la tabla son confiables, a veces se cometen errores en el cálculo de ganancias de calor debido a una inadecuada estimación de los periodos de ocupación de los recintos y los teatros que en ocasiones rebasan su capacidad. Así, no debe considerarse un número mayor de personas que el equivalente a los ocupantes de tiempo completo.
- La ganancia de calor latente y sensible producidas por los ocupantes deben ser calculadas por separado hasta que se estime la carga de enfriamiento del edificio, que es cuando se combinan los dos componentes. Se supone que la ganancia de calor latente se suma a la carga de enfriamiento instantáneamente, mientras que la ganancia de calor sensible lo hace con cierto retraso, dependiendo de la naturaleza del espacio acondicionado. Por lo general, se supone que 30% de la ganancia de calor sensible lo generan los ocupantes por convección (porción instantánea) y que el 70% es por radiación (porción retardada).

- **Luces:** puesto que a menudo el alumbrado constituye la fuente principal de ganancia de calor interno, se necesita realizar una estimación de ganancia total de calor en el espacio acondicionado. La tasa de ganancia de calor en un momento dado puede ser muy diferente del equivalente térmico de la energía suministrada instantáneamente a estas luces.
- Parte de la energía emitida por las luces es en forma de radiación absorbida en el espacio acondicionado. Después, la energía absorbida es transferida al aire por convección. La instalación de luces, el tipo de sistema de distribución del aire y la masa de la estructura son factores importantes. Un dispositivo de iluminación empotrado tenderá a calentar la estructura que lo rodea, mientras que una lámpara colgante transmitirá su calor directamente al aire por convección. Algunas fuentes de luz están diseñadas de tal manera que el aire pasa a través de ellas, absorbiendo una porción de calor que de otro modo iría al espacio acondicionado.
- En ocasiones, se apagan las luces para ahorrar energía, lo cual no permite realizar cálculos precisos. Cuando las luces permanecen encendidas 24 horas al día se produce una condición de equilibrio en la que la carga de enfriamiento es igual al consumo de energía. La principal fuente de calor del sistema de iluminación son los elementos emisores de luz (lámparas), aun cuando otros componentes asociados con las lámparas

(como los reactores o balastros) pueden generar una cantidad adicional de calor.

#### **2.4. Contaminación del aire**

La norma 62 de la ASHRAE establece que el aire interior tiene una calidad aceptable cuando no contiene contaminantes en concentraciones consideradas como dañinas por las autoridades competentes y cuando la mayoría de los ocupantes (80% o más) que están expuestos a este ambiente no expresan insatisfacción. Cuando el aire tiene calidad aceptable, los ocupantes no solo sienten confort, sino que disfrutan de un ambiente libre de olores molestos y de niveles dañinos de contaminantes. Mantener el confort térmico no solo es deseable y útil para asegurar un ambiente de trabajo productivo, sino que en muchos casos tiene un efecto directo sobre la salud de los ocupantes del edificio. Además del confort térmico que proporciona el sistema, existen otros factores que se relacionan con el mantenimiento de un ambiente interior limpio, saludable y libre de malos olores. Con frecuencia esos factores se agrupan bajo el rubro denominado calidad de aire interior. Para obtener una buena calidad del aire interior, las partículas contaminantes se deben mantener a un nivel aceptable en los recintos.

Entre los contaminantes se incluye el dióxido de carbono, monóxido de carbono, otros gases y vapores tóxicos, así como materiales radiactivos, microorganismos patógenos, sustancias alergénicas y partículas suspendidas.

La contaminación de los espacios interiores es causada por los ocupantes humanos y animales, la liberación de contagiantes de muebles y accesorios o por los procesos que tiene lugar dentro del recinto y por la introducción de aire contaminado del exterior. Los contaminantes pueden ser percibidos por la vista o el olfato, como ocurre en las partículas suspendidas grandes y con los olores, o pueden detectarse únicamente por medio de instrumentos o por el efecto que causa en sus ocupantes. Síntomas tales como jaqueca, náusea, irritación de los ojos o la nariz pueden constituir indicios que la calidad del aire interior de un edificio es insatisfactoria.

En ocasiones se dice que los edificios en los que un número inusual de ocupantes tiene problemas padecen del síndrome del edificio enfermo. Debido a su importancia, los constructores, diseñadores e ingenieros deben estar bien informados y ser técnicamente competentes. La buena calidad del aire interior generalmente cuesta mucho dinero y las presiones para hacer economías, tanto en la inversión original como en los costos de operación, pueden a veces provocar que se tome malas decisiones que causan padecimientos a las personas y que haya gastos adicionales aun más altos.

- **Dióxido de carbono:** es un subproducto exhalado durante la actividad metabólica de los seres humanos y de todos los mamíferos. Por lo tanto, los niveles de CO<sub>2</sub> típicamente son más altos dentro de los espacios ocupados que en el aire exterior. En los lugares con altas concentraciones de ocupantes, como los auditorios, los niveles de CO<sub>2</sub> con frecuencia constituyen un factor al que se le presta mucha atención, no porque constituyan un peligro directo para la salud, sino por la facilidad de medir la eficiencia del sistema de ventilación en ese espacio.

Así, el CO<sub>2</sub> resulta ser por lo menos un indicio indirecto de los niveles potencialmente inaceptable de otros gases dañinos. La *Environmental Protection Agency* (EPA) recomienda un máximo de 1,000 ppm para una exposición continua a CO<sub>2</sub> en particular en escuelas viviendas, y esto constituye un alineamiento para otros tipos de edificios.

La combustión incompleta de combustibles fósiles y el humo de tabaco son dos fuentes significativas de monóxido de carbono. Los edificios con estacionamientos internos o anexos o con zonas de carga y descarga para camiones tienen un mayor riesgo de acumular niveles altos de CO. En algunos lugares, el sistema absorbe aire desde niveles cercanos al piso de la calle, donde es común que exista un nivel inaceptable de CO debido al tránsito de vehículos, y este aire contaminado penetra en el sistema del aire del edificio. Los lugares con ventilación inadecuada en donde hay fugas de hornos, calderas e incineradores de basura constituyen una fuente de problemas. El monóxido de carbono es un gas tóxico y aun niveles cercanos a 15 ppm pueden afectar de manera severa al cuerpo. Las reacciones de los seres humanos a los diferentes niveles de CO varían ampliamente; sin embargo, los efectos pueden ser acumulativos. Jaqueca y náusea son los síntomas más comunes que presentan las personas expuestas a cantidades de CO por encima de su nivel de tolerancia.

Los óxidos de azufre son gases producidos por la combustión de sustancias que contienen azufre, las cuales pueden entrar a los recintos a través de tomas de aire y debido a fugas en los equipos en donde se realizan los procesos de combustión dentro de los propios edificios. Cuando son hidrolizados con agua, los óxidos de azufre pueden formar ácido sulfúrico, una sustancia corrosiva que provoca problemas en las membranas mucosas.

Los óxidos nitrosos se producen por la quema de combustibles en aire a alta temperatura. Por lo común, estos contaminantes entran en los sistemas de

ventilación junto con el aire disipado por los motores de combustión interna y emanaciones industriales, aun cuando los procesos de combustión que ocurren dentro de los edificios también contribuyen con cantidades significativas.

El radón es un gas que puede entrar en un edificio desde el suelo, a través de las grietas en los pisos y de las paredes del sótano, a través del suministro del agua u originarse a partir de los materiales de la construcción que contengan uranio o torio. La cantidad de radón que penetra por el suelo depende del diferencial de presión. Así que la presurización del espacio acondicionado es una manera de reducir los niveles de ingreso de este gas.

- **Compuestos orgánicos volátiles:** en un ambiente interior puede encontrarse una gran variedad de sustancias químicas orgánicas, provenientes de procesos de combustión, pesticidas, materiales de construcción de acabados, agentes limpiadores y solventes, así como de plantas y animales. Por lo general, se encuentran en niveles que están debajo de las normas recomendadas. Sin embargo, algunos ocupantes de los espacios son hipersensibles a ciertas sustancias químicas de tal modo que para ellos resultan problemáticos muchos ambientes interiores.

El formaldehído, uno de los gases más comunes del grupo de los compuestos orgánicos volátiles, es irritante para los ojos y las membranas mucosas, causa problemas asmáticos y reacciones inmunoneurológicas, e incluso es considerado potencialmente cancerígeno.

El formaldehído utilizado en la manufactura de tapetes, cartón comprimido, aislamientos, textiles, productos de papel, cosméticos, champúes y plásticos fenolitos, entra en los edificios principalmente a través de los propios materiales de construcción, los cuales continúan emanando este gas durante largos periodos,

principalmente durante el primer año. Los límites aceptables están dentro del rango de 1 ppm (partículas por millón) para una estancia de 8 horas.

- **Partículas suspendidas:** una muestra típica de aire ambiental podría contener hollín y humo, sílice, tierra, materia vegetal y animal en descomposición, pelusa, fibras de plantas y partículas metálicas, así como esporas, bacterias, polen y otros materiales vivos. La mezcla de partículas suspendidas en el aire se le denomina aerosol.

El aire exterior que se introduce a un recinto puede sufrir una contaminación adicional dentro de este por las actividades humanas, el mobiliario, equipo, mascotas, etc. Los organismos infecciosos, microscópicos y macroscópicos, pueden subsistir, e incluso multiplicarse, cuando las condiciones internas son favorables. El humo de tabaco ambiental constituye uno de los principales problemas para el mantenimiento de una buena calidad de aire interior, y es objeto de una creciente preocupación debido a que existen evidencias de que contribuye a producir enfermedades pulmonares e incluso cáncer. Los alérgicos, que también son un problema común en nuestra sociedad moderna, pueden introducirse a los ambientes interiores. Además, algunos ocupantes pueden ser sensibles a ciertas partículas suspendidas provenientes de fibras y polvo de alfombras y ropa de cama.

- **Remoción de partículas (filtración de aire):** las partículas suspendidas pueden encontrarse tanto en el aire exterior como en el aire interior. Con una gama de tamaños, formas y concentraciones de partículas, es imposible diseñar un tipo de limpiador de partículas que sea adecuado en todos los casos. Los recintos limpios de una instalación ensambladora de

aparatos electrónicos requieren un sistema de remoción de partículas diferente al que requiere una oficina o un hospital. Las características más importantes de las partículas que afectan el desempeño de un limpiador de partículas del aire son las siguientes:

- a. Su tamaño y forma
- b. Su gravedad específica
- c. Su concentración
- d. Sus propiedades eléctricas

Los limpiadores de partículas de aire varían ampliamente en tamaño, forma, costo inicial y costo de operación. El factor que más influye en el diseño y elección de un filtro es el grado de limpieza requerida para el aire. Por lo general, el costo de los sistemas de filtrado se incrementa a medida que decrece el tamaño de las partículas por remover. Las tres características operativas que se utilizan para comparar los distintos tipos de limpiadores son:

- a. Su eficiencia
- b. Su resistencia al flujo de aire
- c. Su capacidad de retención de polvo

La resistencia del flujo de aire es la pérdida en la presión total a una tasa determinada de flujo de aire. Este es un hecho importante por considerar en los costos de operación del sistema.

La capacidad de retención de polvo define la cantidad de un tipo de polvo en partículas que puede retener un limpiador de aire cuando opera en una tasa de flujo de aire hasta el momento de alcanzar algún valor máximo de resistencia o

hasta que su eficiencia descienda de manera significativa como resultado del polvo recolectado.

## **3. PSICROMETRÍA**

### **3.1. Condiciones del aire de suministro**

Cuando un espacio es calentado con aire caliente, el aire debe suministrarse a una temperatura de bulbo seco lo suficientemente alta, tal que se tenga la temperatura deseada en el cuarto y que compense las pérdidas de calor que se tienen en dicho espacio. La carga de enfriamiento presenta un problema similar, pero en sentido opuesto. Por ejemplo, la carga de enfriamiento en un edificio totalmente ocupado por personas involucra el problema del suministro del aire a una temperatura del bulbo seco que sea lo suficientemente baja para conservar el aire del edificio a la temperatura máxima y también el problema referente al contenido de humedad del aire de suministro que debe ser lo suficientemente bajo para conservar la humedad del aire del edificio al valor máximo deseado. La carga de enfriamiento se puede descomponer en dos partes.

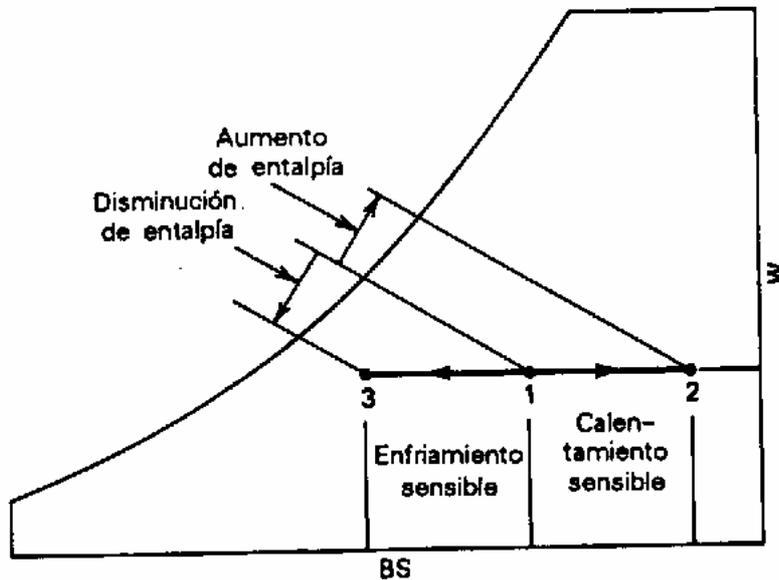
### **3.2. Líneas de procesos en la carta psicrométrica**

El objetivo de acondicionamiento de aire es cambiar el estado del aire que entra y llevarlo a otra condición. A este cambio se le llama proceso y son de gran utilidad en la carta psicrométrica, en la selección de equipos y el análisis de problemas. Se indican los procesos trazando una línea desde el estado inicial del aire hasta su estado final. El aire cambia sus propiedades a lo largo de esa línea. La mayor parte de los procesos se pueden representar mediante líneas rectas.

### 3.3. Cambios de calor sensible

El proceso de variación de calor sensible es aquel en el cual se agrega o se retira calor del aire y como resultado varía la temperatura de bulbo seco. Sin embargo, no varía el contenido de vapor de agua. Por lo tanto, la dirección del proceso debe ser a lo largo de una línea de relación constante de humedad, como se muestra en la figura. El calentamiento sensible (proceso 1-2) ocasiona un aumento en la temperatura de bulbo seco y en la entalpía. El proceso 1-3 es de enfriamiento sensible (eliminación de calor) y ocasiona una disminución de la temperatura de bulbo seco y de la entalpía.

**Figura 15. Procesos de calentamiento y enfriamiento sensible**



Fuente: Edward G. Pita. Acondicionamiento de aire. Pág. 187

### **3.4. Variación de calor latente**

Al proceso de agregar vapor de agua se le llama humidificación, y a la eliminación de vapor de agua del aire se le llama deshumidificación. En el proceso 1-4, la humidificación tiene como resultado un aumento en la relación de humedad y en la entalpía. En la humidificación, la entalpía del aire aumenta debido a la entalpía de vapor de agua que se agregó. En la deshumidificación, proceso 1-5, la eliminación de vapor de agua acarrea una disminución de entalpía.

### **3.5. Variación combinada de calor sensible y calor latente**

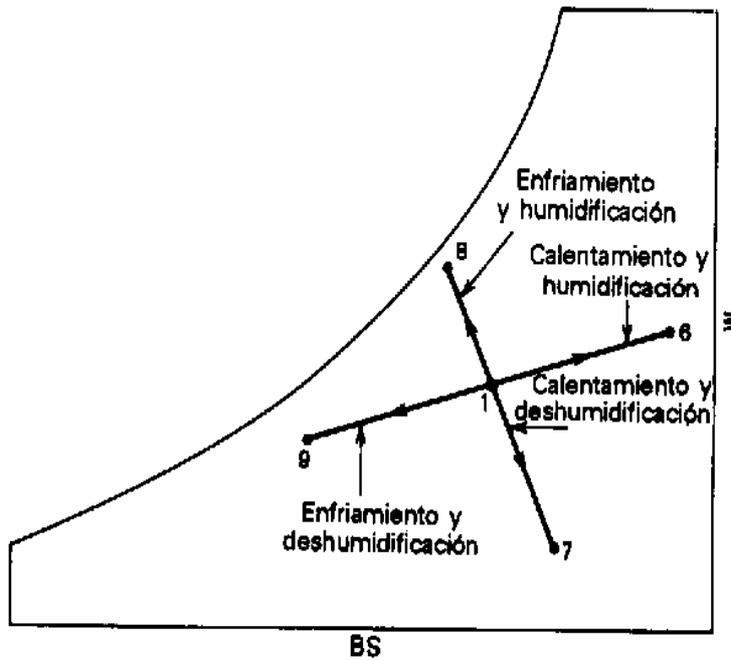
Los procesos combinados de calor sensible y latente que se pueden presentar en acondicionamiento son los siguientes:

- a. Calentamiento sensible y humidificación
- b. Calentamiento sensible y deshumidificación
- c. Enfriamiento sensible y humidificación
- d. Enfriamiento sensible y deshumidificación

Nótese que, en general, cambian tanto la temperatura de bulbo seco como la humedad y la entalpía. Por ejemplo, en el proceso de enfriamiento y deshumidificación 1-9, disminuyen tanto la temperatura de bulbo seco como la humedad; y la entalpía disminuye debido a la eliminación de calor tanto sensible como latente.

Es importante determinar la cantidad de calor y vapor de agua que se agrega o elimina en el equipo de acondicionamiento, así como determinar los cambios de propiedades.

Figura 16. Procesos combinados de calor sensible y latente



Fuente. Edward G. Pita. Acondicionamiento de aire. Pág. 188

## **4. ANÁLISIS DE CONDICIONES AMBIENTALES DE LA SECCIÓN CENTRAL DEL NIVEL # 3 DEL EDIFICIO GENERAL DE ADMINISTRACIÓN**

### **4.1. Condiciones interiores de diseño**

La sección central del edificio # 3 del edificio general de administración se encuentra diseñado para que en su interior se puedan alojar sentadas un total de 28 personas. Para que los ocupantes puedan desempeñar sus funciones de trabajo de una manera agradable y en un ambiente de confort, es necesario mantener una temperatura de 70 °F y una humedad relativa de 50% a 55%. Se usará equipo de computación y tendrán la iluminación aceptable en las diferentes áreas de trabajo. Estos aparatos eléctricos generan más calor en el área de acondicionamiento.

**Tabla I. Descripción de consumo de los aparatos eléctricos**

Cantidad	Aparato eléctrico	Consumo por unidad (watts)	Consumo total (watts)
6	Computadoras	380	2,280
9	Lámparas fluorescentes	210	1,890
4	Lámparas ojos de buey	25	100
1	Fotocopiadora	1,800	1,800
		Total de consumo	6,070 watts

## 4.2. Condiciones exteriores de diseño

Para diseñar el sistema de aire acondicionado de la sección central del nivel # 3, obtuvimos información de la temperatura exterior y humedad relativa de la ciudad capital de los últimos 10 años en el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrológica (INSIVUMEH). Las tablas nos muestran las temperaturas mínimas y máximas, así como el porcentaje de la humedad. Las gráficas muestran estos datos y podemos observar el comportamiento ascendente y descendente de la temperatura y humedad relativa de la ciudad capital en los diferentes meses del año, lo cual nos indica que tenemos un clima variado.

La temperatura y la humedad relativa de diseño fueron tomadas del manual de la ASHRAE, y seguimos el lineamiento de los datos de diseño para las condiciones que se especifican para la ciudad capital.

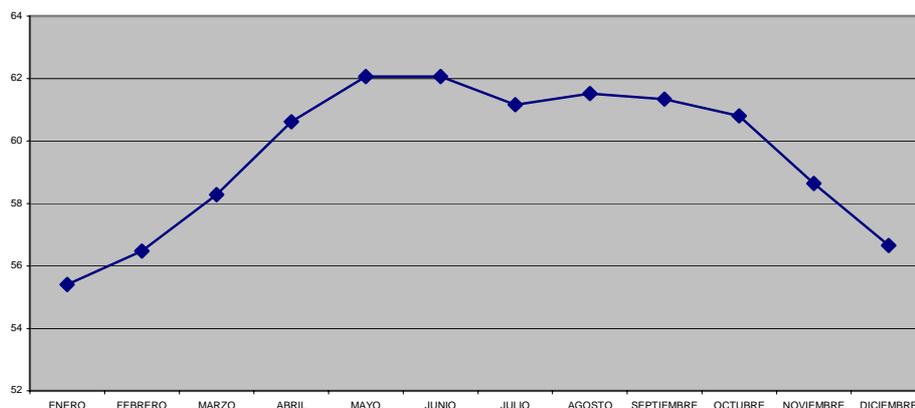
**Tabla II. Temperatura media bulbo seco en °F de la ciudad capital**

AÑO	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	Prome- dio
ENERO	18.4	17.5	18	17	15.5	19.8	17.4	18	16.8	17.3	16.8	17.5
FEBRERO	18.7	18.8	19.4	18.2	19.4	20.3	17.3	18.6	18.1	18.6	17.8	18.65
MARZO	19.7	19.5	20.5	18.9	20.5	20.7	19.6	19.6	19.2	18.6	24.8	17.89
ABRIL	21.2	20.5	19.4	20.8	21.6	22.2	20.9	23.6	20.3	19.8	20.6	20.99
MAYO	21.8	20.8	21.5	20.5	20.7	22.5	20.7	19.9	20.4	20.3	20.7	20.89
JUNIO	20.4	19.7	20.6	20.1	20.5	20.3	19	19.2	19.5	20.1	19	19.85
JULIO	20.2	20	20.1	19.5	20	20.9	19	20.1	20.1	21	20.3	20.11
AGOSTO	19.6	19.4	20.3	19.9	20.7	20.8	19.3	19.7	19.9	19.6	20	19.83
SEPTIEMBRE	19.7	19.3	19.4	20	19.3	19.6	18.4	19.5	19.2	18.9	19.7	19.36
OCTUBRE	19.5	20	19	19.8	20	21.5	18.4	18.8	19	18.5	20.2	19.52
NOVIEMBRE	18.1	19.6	18.7	18.5	19.9	19	17.3	19.3	17.3	17.1	19.2	18.55
DICIEMBRE	17.5	18.5	18.4	18.4	18.3	18.1	17.8	16	18.3	17.9	17.5	17.88

**Tabla III. Temperatura promedio y absoluta de la ciudad capital**

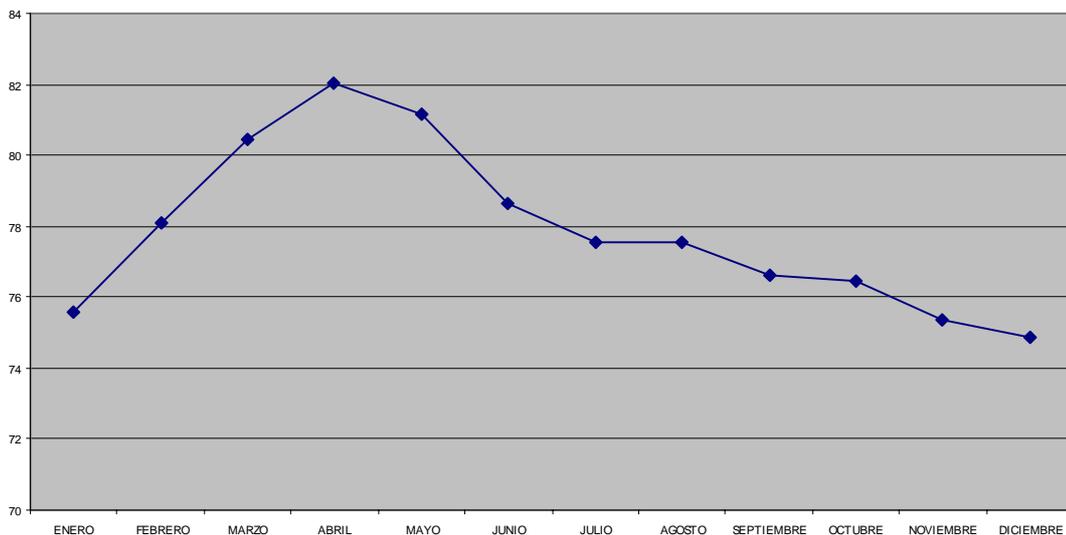
DATOS ESTADÍSTICOS DEL INSIVUMEH					
	TEMPERATURAS °F				HUMEDAD
	PROMEDIO		ABSOLUTAS		RELATIVA
MES	MÍNIMA	MÁXIMA	MÍNIMA	MÁXIMA	%
ENERO	55.4	75.56	42.8	86	75
FEBRERO	56.48	78.08	46.04	89.78	74
MARZO	58.28	80.42	47.48	88.7	74
ABRIL	60.62	82.04	47.48	93.02	75
MAYO	62.06	81.14	54.14	93.02	69
JUNIO	62.06	78.62	57.38	88.16	83
JULIO	61.16	77.54	53.78	84.38	81
AGOSTO	61.52	77.54	57.02	86.36	82
SEPTIEMBRE	61.34	76.64	55.4	82.4	85
OCTUBRE	60.8	76.46	53.06	83.12	83
NOVIEMBRE	58.64	75.38	50.18	85.82	81
DICIEMBRE	56.66	74.84	47.3	83.84	77
PROMEDIO	59.585	77.855	51.005	87.05	78.25

**Figura 17. Temperatura promedio mínima**



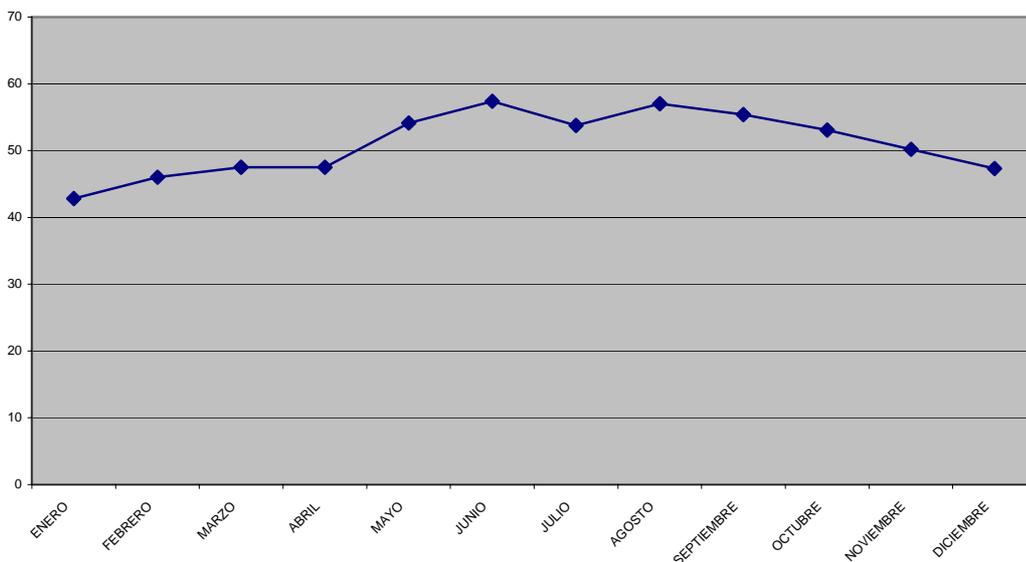
Fuente: Datos estadísticos del INSIVUMEH de los últimos 10 años.

**Figura 18. Temperatura promedio máxima**



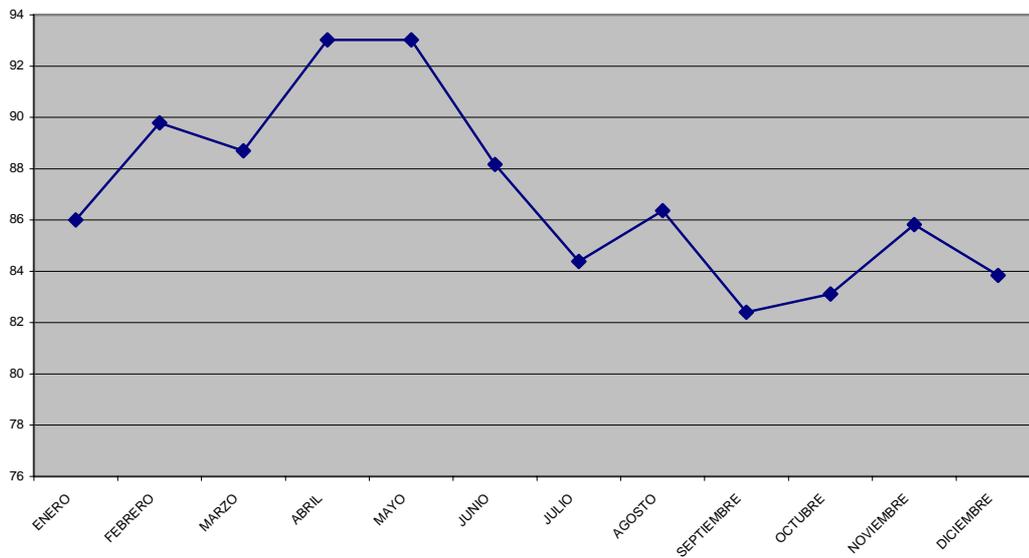
Fuente: Datos estadísticos del INSIVUMEH de los últimos 10 años.

**Figura 19. Temperatura absoluta mínima**



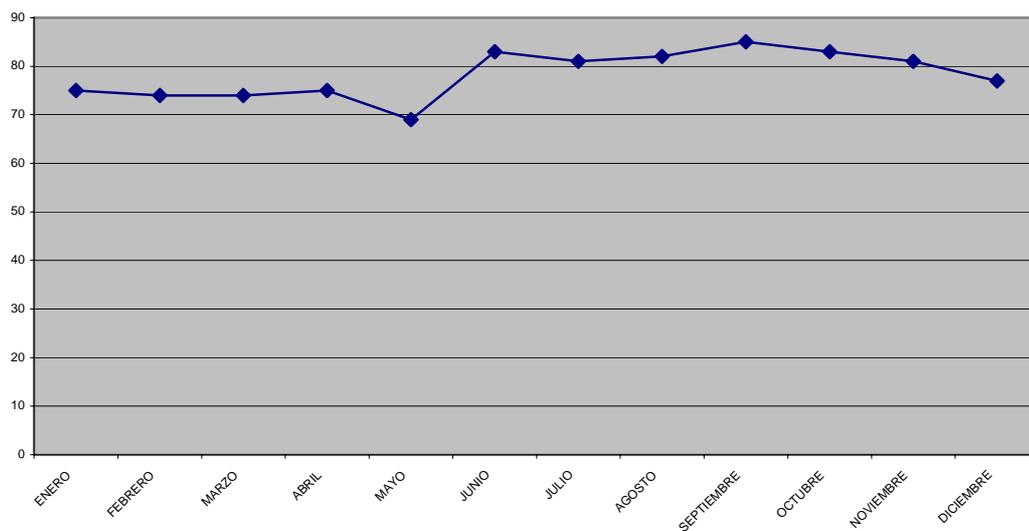
Fuente: Datos estadísticos del INSIVUMEH de los últimos 10 años.

**Figura 20. Temperatura absoluta máxima**



Fuente: Datos estadísticos del INSIVUMEH de los últimos 10 años.

**Figura 21. Humedad relativa %**



Fuente: Datos estadísticos del INSIVUMEH de los últimos 10 años.

### **4.3. Localización, posición geográfica e instalaciones físicas**

La sección central del nivel # 3 se encuentra localizada en el valle de Guatemala, con una orientación de 13° al este del norte magnético. La localización y tipo de material de sus paredes se especifican de la forma siguiente:

Pared norte (pared número 1). Longitud interior: 24.6 pies al frente; altura de 9.51 pies, con pared “panel W “ y una área total de 233.94 pies<sup>2</sup>. La puerta es de aluminio y tiene un ancho de 2.62 pies y una altura de 6.56 pies, dando una área de 17.18 pies<sup>2</sup> y no tiene ventanales.

Pared sur (pared número 2). Longitud interior: 24.6 pies al frente; altura de 9.51 pies con pared “panel W”.

Pared este (pared número 3). Longitud interior: es de 37.98 pies al frente; altura de 9.51 pies con pared “panel W “. Tiene 6 ventanales de aluminio con un ancho de 2.20 pies, altura de 5.24 pies, dando una área de 11.52 pies<sup>2</sup> por ventanal. El alero mide 3.24 pies.

Pared oeste (pared número 4). Longitud interior es de 37.98 pies al frente, altura de 9.51 pies, dando una área de 361.18 pies<sup>2</sup>, con pared tipo “panel W “. Tiene 3 ventanales de aluminio, el primero tiene un ancho de 5.77 pies, el segundo tiene un ancho de 5.41 pies, el tercero tiene un ancho de 5.90 pies y todos con una altura de 5.24 pies. Además, una puerta de aluminio con un ancho de 4.99 pies y un alto de 6.56 pies, para una área de 39.88 pies<sup>2</sup>.

#### 4.4 Tablas para los cálculos térmicos

**Tabla IV. Factores de sombra para aleros**

latitud	24°				32°				40°			
	9 a.m	12 p.m	3 p.m	6 p.m	9 a.m	12 p.m	3 p.m	6 p.m	9 a.m	12 p.m	3 p.m	6 p.m
N	---	---	---	0.58	---	---	---	0.63	---	---	---	0.83
NE	1.89	---	---	---	2.17	---	---	---	2.13	---	---	---
E	1	---	---	---	0.97	---	---	---	0.89	---	---	---
SE	0.93	4.55	---	---	1	3.33	---	---	0.86	2.33	---	---
S	4.35	3.57	4.35	---	2.63	2.38	2.63	---	1.85	1.59	1.85	---
SO	---	4.55	0.93	---	---	3.33	1	---	---	2.33	0.86	---
O	---	---	1	---	---	---	0.97	---	---	---	0.89	---
NO	---	---	1.89	---	---	---	2.17	---	---	---	2.13	---

**Tabla V. Ganancia de calor por radiación**

latitud	24°				32°				40°			
	9 a.m	12 p.m	3 p.m	6 p.m	9 a.m	12 p.m	3 p.m	6 p.m	9 a.m	12 p.m	3 p.m	6 p.m
N	28	37	33	12	27	36	32	14	25	34	30	15
NE	135	47	32	9	118	41	31	9	101	36	30	10
E	202	71	32	9	202	70	31	9	199	68	30	10
SE	153	83	33	9	168	107	45	9	181	131	34	10
S	32	68	48	9	41	104	71	11	59	141	98	14
SO	26	50	147	65	25	64	168	98	24	84	187	90
O	26	30	174	100	25	38	168	115	24	36	165	129
NO	26	38	153	26	25	36	82	85	24	34	65	82
horizontal	153	267	215	39	150	256	207	41	142	239	194	42

**Tabla VI. Factores de ganancia de calor por radiación solar a través de los vidrios**

Tipo de vidrio	Sin sombra	Con sombra
Vidrio plano ( 1/8")	1	0.64
Vidrio plano ( 1/4")	0.95	0.64
Vidrio que absorbe calor o con algún color (3/16")	0.72	0.57
Vidrio reflectivo de (1/4")	0.30-0.45	0.25-0.50
Vidrio claro con película reflectiva aplicada en el interior	0.25-0.45	0.21-0.35
Vidrios dobles	0.90	0.57
Vidrios claros (1/8")	0.83	0.57
Vidrios claros ( 1/4")	0.56	0.39

**Tabla VII. Factores de transmisión de calor**

Tipo de vidrio	Verano		
	Sin sombra	Con sombra	Invierno
Vidrio sencillo	1.06	0.81	1.13
Vidrio doble ( 1/4")	0.61	0.52	0.65
Ventana corriente+ ventana para tormentas	0.54	0.47	0.56

**Tabla VIII. Factores de transmisión de calor a través de pared y techo**

Construcción	Valor U	
	Verano	Invierno
<b>Estructura con laterales de madera, forro y terminado interior</b>		
Sin aislamiento	0.22	0.23
Con aislamiento R-7	0.09	0.09
Con aislamiento R-11	0.07	0.07
<b>Estructura con ladrillo de 4"</b>		
Sin aislamiento	0.24	0.24
Con aislamiento	0.09	0.09
<b>Marco con estucado de 1" foro exterior y término interior</b>		
Sin aislamiento	0.29	0.29
Con aislamiento	0.10	0.10
<b>Mampostería</b>		
8" de bloques de concreto, sin terminado	0.49	0.51
12" de bloques de concreto, sin terminado	0.45	0.47
<b>Mampostería ( con bloques de 8")</b>		
Placas forradas de asbesto-cemento (1/2") sin aislamiento	0.29	0.30
Placas forradas de asbesto-cemento con hoja delgada de metal (1/2") sin aislamiento	0.29	0.30
Láminas de aislamiento de 1" de poliestireno (R-5)	0.13	0.13
<b>Mampostería ( bloques de 8" de material volcánico)</b>		
Placas forradas de asbesto- cemento de (1/2" ) sin aislamiento	0.25	0.25
Placas forradas de asbesto-cemento con hoja delgada de metal de (1/2") sin aislamiento	0.17	0.17
Láminas de aislamiento de 1" de poliestireno (R-5) y de placas de pared de asbesto-cemento (1/2")	0.12	0.12
Mampostería (ladrillo de 4" de fachadas con bloques de material volcánico de 8" o con losas de 8" huecas de barro)		
Placas forradas de asbesto-cemento (1/2") sin aislamiento	0.22	0.22
Placas forradas de asbesto-cemento con hoja delgada de metal (1/2") sin aislamiento	0.15	0.15
Láminas de aislamiento de 1" de poliestireno R-15 y placas de pared de asbesto-cemento (1/2")	0.12	0.12
<b>Mampostería de ladrillo de 4" de fachada, ladrillo común de 4"</b>		
Placas forradas de asbesto-cemento (1/4") sin aislamiento	0.28	0.28
Placas forradas de asbesto-cemento con hoja delgada de metal (1/2") sin aislamiento	0.18	0.19
Láminas de aislamiento de 1" de poliestireno R-5 y placas de asbesto-cemento (1/2")	0.13	0.13
<b>Mampostería 8" de concreto-cemento (1/2") sin aislamiento</b>		
Placas forradas de asbesto-cemento (1/2") sin aislamiento	0.33	0.34
Placas forradas de asbesto-cemento con hoja delgada de metal (1/2") sin aislamiento	0.21	0.21

**Tabla VIII. Continuación**

<b>Cielo falso-piso</b>		
Estructura ( losas de asfalto para piso 5/8" de triples 25/32"x subpiso de madera cielo falso terminado)		
Calor que fluye hacia arriba	0.23	0.23
Calor que fluye hacia abajo	0.20	0.19
Concreto ( losa de asfalto para piso cubierta de concreto de 4" espacio de aire cielo falso terminado)		
Calor que fluye hacia arriba	0.34	0.33
Calor que fluye hacia abajo	0.26	0.25
<b>Techo (plano, sin cielo falso terminado)</b>		
Cubierta de acero		
Sin aislamiento	0.64	0.86
Con aislamiento de 1" (R-2.78)	0.23	0.25
Con aislamiento de 2" (R5.56)	0.15	0.16
<b>Cubierta de madera de 1"</b>		
Sin aislamiento	0.40	0.48
Con aislamiento de 1" (R-2.78)	0.19	0.21
Con aislamiento de 2" (R-5.56)	0.12	0.13
<b>Cubierta de madera 2.5"</b>		
Sin aislamiento	0.25	0.28
Con aislamiento de 1" (R-2.78)	0.15	0.16
Con aislamiento de 2" (R-5.56)	0.10	0.11
<b>Cubierta de madera de 4"</b>		
Sin aislamiento	0.17	0.18
Con aislamiento de 1" (R-2.78)	0.12	0.12
Con aislamiento de 2" (R-5.56)	0.09	0.09
<b>Techo cielo-falso</b>		
Cubierta de acero		
Sin aislamiento	0.33	0.40
Con aislamiento de 1" (R-2.78)	0.17	0.19
Con aislamiento de 2" (R-5.56)	0.12	0.13
<b>Cubierta de madera de 1"</b>		
Sin aislamiento	0.26	0.29
Con aislamiento de 1" (R-2.78)	0.15	0.16
Con aislamiento de 2" (R-5.56)	0.11	0.11
<b>Cubierta de madera de 2.5"</b>		
Sin aislamiento	0.18	0.20
Con aislamiento de 1" (R-2.78)	0.12	0.13
Con aislamiento de 2" (R-5.56)	0.09	0.10
<b>Cubierta de madera de 4"</b>		
Sin aislamiento	0.14	0.15
Con aislamiento de 1" (R-2.78)	0.10	0.10

Tabla VIII. Continuación

<b>Cubierta de concreto liviano de 6"</b>		
Sin aislamiento	0.10	011
<b>Cubierta de concreto liviano de 8"</b>		
Sin aislamiento	0.08	0.09
<b>Cubierta de concreto pesado de 2"</b>		
Sin aislamiento	0.32	0.38
Con aislamiento de 1" (R-2.78)	0.17	0.19
Con aislamiento de 2" (R-5.56)	0.11	0.12
<b>Cubierta de concreto de 6"</b>		
Sin aislamiento	0.28	0.33
Con aislamiento de 1" (R-2.78)	0.16	0.17
Con aislamiento de 2" (R-5.56)	0.11	0.12
<b>Techo ático-cielo-falso</b>		
Sin aislamiento	0.15	0.29
Con aislamiento R-19 ( 5 ½" y 6 ½" )	0.04	0.05
Pisos		
<b>Losa de concreto contra el suelo</b>		
Sin aislamiento	0	50
Con aislamiento de placas de poliestireno de 1" con 2 pies profundidad o con 2 pies de ancho	0	30
Piso sobre espacio no acondicionado, sin cielo-falso		
<b>Estructura de madera</b>		
Sin aislamiento	0.33	0.27
Con aislamiento R-7 ( 2" y 2 ¾" )	0.09	0.08
Cubierta de concreto		
Sin aislamiento	0.59	0.43
Con aislamiento R-7	0.10	0.09
Puertas		
<b>Madera sólida</b>		
De 1" de espesor	0.61	0.64
De 1 ½" de espesor	0.47	0.49
De 2" de espesor	0.42	0.43
<b>Acero</b>		
De 1 ¾" de espesor, con interior de fibra mineral	0.58	0.59
De 1 ¾" de espesor, con interior de poliestireno	0.46	0.47
De 1" de espesor, con interior de espuma de uretano	0.39	0.40

**Tabla IX. Diferencias equivalentes de temperaturas para paredes**

Construcción de la pared	Hora estándar	NE oscuro	E oscuro	SE oscuro	S oscuro	SO oscuro	O oscuro	N oscuro
Construcción liviana	9 a.m.	28	35	29	16	18	18	14
	mediodía	27	38	38	27	24	24	17
	3 p.m.	24	29	31	32	37	34	20
	6 p.m.	23	26	26	26	41	47	21
Construcción medio-liviana	9 a.m.	12	14	11	6	8	9	7
	mediodía	25	34	27	11	9	9	10
	3 p.m.	29	35	39	26	21	18	16
	6 p.m.	30	37	39	36	41	38	22
Construcción medio-pesada	9 a.m.	14	17	16	14	18	20	12
	mediodía	17	21	19	13	15	16	11
	3 p.m.	21	28	25	16	14	17	12
	6 p.m.	25	32	30	23	23	22	15
Construcción pesada	9 a.m.	20	26	23	20	24	26	15
	mediodía	19	24	22	19	24	24	14
	3 p.m.	20	24	22	19	22	23	14
	6 p.m.	20	26	25	20	22	23	14

**Tabla IX. Continuación**

Construcción de la pared	Hora estándar	NE claro	E claro	SE claro	S claro	SO claro	O claro	N claro
Construcción liviana	9 a.m.	17	20	17	10	12	12	9
	mediodía	17	22	13	17	15	15	12
	3 p.m.	17	20	21	21	24	22	15
	6 p.m.	17	19	18	18	25	30	16
Construcción medio-liviana	9 a.m.	8	9	7	4	5	6	5
	mediodía	14	18	15	7	7	6	6
	3 p.m.	18	23	22	16	16	12	11
	6 p.m.	20	24	25	24	24	25	17
Construcción medio-pesada	9 a.m.	11	13	12	11	12	16	10
	mediodía	11	14	12	9	10	11	8
	3 p.m.	14	19	15	11	11	11	9
	6 p.m.	16	19	18	15	15	15	11
Construcción pesada	9 a.m.	14	16	15	14	16	17	11
	mediodía	13	15	14	13	15	16	11
	3 p.m.	13	16	15	13	14	15	10
	6 p.m.	14	16	16	13	14	15	11

**Tabla X. Diferencias de temperatura equivalente para ganancias de calor a través de techos planos**

o.		c.		o.		c.	
a.m.				p.m.			
9:00		12:00		15:00		18:00	
Construcción liviana							
34	14	81	42	90	50	56	34
19	6	65	32	88	48	70	40
7	-1	38	17	68	35	73	40
Construcción mediana							
8	1	21	8	44	19	60	32
8	1	40	17	70	36	75	41
32	62	19	41	6	16	-1	4
Construcción pesada							
11	3	21	8	39	19	53	28
18	9	21	9	33	15	44	22
Techos bajo la sombra							
3		11		18		17	
2		7		15		17	
3		5		11		15	

**Tabla XI. Infiltración cambios por hora**

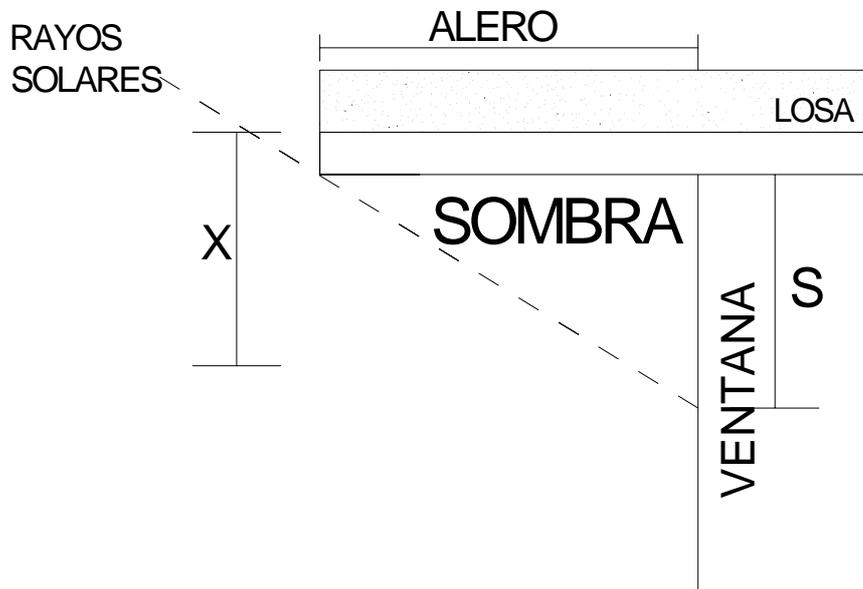
Clase de área	Verano		Invierno	
	Protección ordinaria	Sellamiento impermeable	Protección ordinaria	Sellamiento impermeable
Sin ventanas	0.30	0.15	0.5	0
Salones de entrada	1.20-1.80	0-0.90	2-3	1-1.50
Salones de recepción	1.20	0.60	2	1
Baños	1.20	0.60	2	1
Infiltración a través de ventanas	0.60	0.30	1	0.50
Pieza con 1 lado expuesto				
Pieza con 2 lados expuestos	0.90	0.45	1.5	0.75
Pieza con 3 lados expuestos	1.20	0.60	2	1
Pieza con 4 lados expuestos	1.20	0.60	2	1

**Tabla XI. Continuación (infiltración por puertas)**

Diferencia de temperatura	Tráfico de personas (TR)							
	10	20	40	60	80	100	200	400
10	4	8	16	24	32	40	80	160
20	8	16	32	48	64	80	160	320
40	16	32	64	96	128	160	320	640
60	24	48	96	144	192	240	480	960
80	32	64	128	192	256	320	640	1280
100	40	80	160	240	320	400	800	1600

**4.5 Procedimiento para el cálculo de cargas térmicas de la sección central**

**Figura 22. Esquema de la ventana y la losa**



Ganancia de calor por radiación en la pared este a las 9 a.m.

X= factor de la tabla 1 x longitud del alero

X= 1 pies x 3.41= 3.41 pies

Área con sombra

Área = S x ancho ventana x # de ventanas

S= x- altura de la viga

$$S = 3.41 - 1.48 = 1.93 \text{ pies}$$

$$\text{Área} = 1.93 \times 2.20 \times 6 = 25.48 \text{ pies}^2$$

Área soleada

Área soleada = área de ventana x # ventanas – área soleada

$$\text{Área soleada} = 2.20 \times 5.24 \times 6 - 25.48 = 43.69 \text{ pies}^2$$

$Q_s$  (sombra) = área de sombra x factor de la tabla 5 ( a las 9:00 a.m. con sombra localización norte ) x factor de la tabla 6 ( vidrio con sombra )

$$Q_s \text{ (sombra)} = 25.48 \times 28 \times 0.64 = 456 \text{ BTU/HR}$$

$Q_s$  (soleada) = área soleada x tabla 5 ( a las 9:00 a.m. localización este ) x factor tabla 6 ( vidrio con sombra )

$$Q_s \text{ (soleada)} = 43.69 \times 202 \times 0.64 = 5648 \text{ BTU/HR}$$

Ganancia de calor por transmisión en vidrios

$Q_s$  = área de ventana x valor U de la tabla 7 (vidrio sencillo con sombra ) x DT (TBS<sub>e</sub>-TBS<sub>i</sub>)

TBS<sub>e</sub>= temperatura de bulbo seco exterior

TBS<sub>i</sub>= temperatura bulbo seco interior

Valor U de la tabla 7= 0.81

$$Q_s = 2.20 \times 5.24 \times 0.81 \times (87.05 - 70) = 159.20 \text{ BTUR}$$

Paredes

Área sombra = (X x longitud) – (S x ancho ventana x # de ventanas)

$$\text{Área sombra} = (3.41 \times 37.98) - (1.93 \times 2.20 \times 6) = 104 \text{ pies}^2$$

Área soleada (altura – X) x longitud) – (altura de ventana – S) x (# ventana x ancho ventana)

$$\text{Área soleada} = ((7.86-3.41) \times 37.98) - ((5.24 - 1.93) \times 6 \times 2.20) = 125.32 \text{ pies}^2$$

Qs (área sombra) = área sombra x tabla 8 x DT

DT = tabla 9 +/- ((20 - (TBS exterior – TBS interior))

Valor de tabla 9 (construcción medio liviana sin aislamiento a las 9: a.m. localización norte) = 7

$$DT = 7 - [(20 - (87.05 - 70))] = 4.95$$

Valor de la tabla 8 ( verano ) = 0.24

$$Qs (\text{área sombra}) = 104 \times 0.24 \times 4.95 = 101.08 \text{ BTU/HR}$$

Qs (área soleada) = área soleada x tabla 8 x (DT)

DT = tabla 9 +/- (20 – (TS exterior – TS interior) =

Valor de la tabla 9 ( construcción medio liviana lado oscuro localización este ) = 14

$$DT = 14 - [(20) - (87.05 - 70)] = 11.05$$

$$Qs (\text{área soleada}) = 125.32 \times 0.24 \times 11.05 = \text{BTU/HR}$$

Techo

Área de techo = (longitud de + aleros) x (ancho + aletas)

$$\text{Área de techo} = 37.98 \times (24.6 + 3.41) = 1063.81 \text{ pies}^2$$

Qs = Área de techo x factor tabla # 7 x DT

Valor de la tabla 7 ( concreto liviano sin aislamiento ) = 0.14

DT= temperatura de la tabla 10 +/- [ (20) – ( TBS exterior-TBS interior) ]

Valor de la tabla 10 (construcción concreto liviana espesor de 6" a 8" sin aislamiento a las 9:00 a.m. claro) = 62

$$DT = (62) +/- [(20) - (87.05 - 70)] = 62 - 2.95 = 59.05$$

$$Qs = 1063.81 \times 0.14 \times 59.05 = 8794 \text{ BTU/HR}$$

Ganancia de calor interna por personas

$$Q_s = \# \text{ de personas} \times 245$$

$$Q_s = 28 \times 245 = 6860 \text{ BTU/HR}$$

$$Q_l = \# \text{ de personas} \times 155$$

$$Q_l = 28 \times 155 = 4340 \text{ BTU/H}$$

Luces

$$Q_s = \# \text{ lámparas} \times \# \text{ tubos} \times \text{vatios} \times \text{factor de fluorescente}$$

$$Q_s = 9 \times 2 \times 105 \times 4.10 = 7749 \text{ BTU/HR}$$

$$Q_s = 4 \times 1 \times 25 \times 3.41 = 341 \text{ BTU/HR}$$

Computadoras

$$Q_s = \# \text{ computadoras} \times \text{vatios} \times \text{factor}$$

$$Q_s = 6 \times 380 \times 3.41 = 7774.8 \text{ BTU/HR}$$

$$Q_s = 1 \text{ fotocopiadora} \times 1800 \text{ vatios} \times 3.41 = 6138 \text{ BTU/HR}$$

Ganancia por infiltración o ventilación

$$\text{Cambio de aire por hora} = h \times L \times w \times \text{factor tabla 12/60}$$

Valor de la tabla 12 ( la clase de área es el salón de recepción tomado de verano con protección ordinaria)= 1.20

$$P_{cm a} = 9.51 \times 37.98 \times 24.6 \times 1.20 / 60 = 177.70 \text{ pies}^2/\text{minuto}$$

Tráfico de personas

$$TR = \# \text{ personas} / h \times \# \text{ puertas}$$

$$TR = 28 / 8 \times = 2.18$$

$$DT = (\text{TBS exterior} - \text{TBS interior}) =$$

$$DT = ( 87.05 - 70 ) = 17.05$$

De la tabla 12 encontramos los "pcm a" = (diferencia de temperatura con resultado de tráfico de personas) = 8

$$\text{pcm total} = \text{pcm a} + \text{pcm b}$$

$$\text{pcm total} = 177.70 + 8 = 185.70$$

$$Q_s = \text{pcm total} \times DT (\text{TBS exterior} - \text{TBS interior}) \times 1.08$$

$$Q_s (\text{pcm}) = 185.70 \times (87.05 - 70) \times 1.08 = 3419.48 \text{ BTU/HR}$$

$$Q_l (\text{pcm}) = \text{pcm total} \times \text{factor tabla } 13/100$$

$$Q_l (\text{pcm}) = 185.70 \times 1631/100$$

$$Q_s \text{ total} = 47772.82 \text{ BTU/HR}$$

$$Q_l \text{ total} = 7368.70 \text{ BTU/HR}$$

---

$$Q_s + Q_l \text{ total} = 55141.58 \text{ BTU/HR} \times 20\% \text{ de seguridad} = 66169.89 \text{ BTU/HR}$$

$$(1 \text{ tonelada}) \times (66,169.89 \text{ BTU/HR}) / (12000 \text{ BTU/HR}) = 5 \frac{1}{2} \text{ toneladas}$$

Se requiere un equipo tipo split de 5 ½ toneladas.

## **5. DISEÑO DEL SISTEMA DE DUCTOS DE LA SECCIÓN CENTRAL DEL NIVEL 3**

### **5.1. Diseño de ductos de baja velocidad**

El propósito del sistema de ductos es suministrar una cantidad específica de aire con una presión predeterminada a los difusores de cada espacio acondicionado. Con esto se busca asegurar que las cargas de los espacios acondicionados sean absorbidas y que ocurra un apropiado movimiento del aire dentro de los espacios en los que va ser liberado. Si se utiliza un método adecuado para establecer las rutas y el tamaño de los ductos, se obtendrá un sistema razonable y silencioso que no requerirá demasiados ajustes para lograr una apropiada distribución del aire en el espacio. Los métodos que a continuación se mencionan se aplican a sistemas de baja velocidad.

#### **5.1.1. Método de igual fricción**

El principio de este método consiste en hacer que la pérdida de presión por pie de ducto sea la misma para todo el sistema. Si la disposición es simétrica y casi todos los tramos desde el ventilador al difusor son aproximados de la misma longitud, este método producirá un diseño balanceado. Sin embargo, la mayoría de los sistemas de ductos tienen recorridos de diferentes longitudes, por lo que en los tramos cortos tendrían que instalarse reguladores de flujo, lo cual provocaría una elevación en el nivel de ruido.

El procedimiento usual consiste en seleccionar la velocidad del fluido en el ducto principal adyacente al ventilador. Una vez conocido el flujo, se establece el

diámetro o sección transversal del ducto y la pérdida de presión por unidad de longitud.

Un rasgo deseable de este método es que permita una disminución gradual de las velocidades del aire del ventilador hasta la salida, reduciendo con ello problemas de ruido. Después de establecer las dimensiones del sistema, el diseñador debe calcular la pérdida de presión total del tramo más largo, teniendo cuidado de incluir todos los conectores y transiciones.

### **5.1.2. Método de capacidad balanceada**

Aun cuando este método de diseño de ductos se le conoce como “método de pérdida de presión balanceada” lo que se balancea es el flujo o la capacidad de cada salida, no la presión. El principio básico de este sistema de diseño es hacer que la pérdida de presión total sea igual para todos los tramos en el ducto, desde el ventilador hasta las salidas, cuando esté fluyendo en cada ducto la cantidad de aire requerida. En general, cada tramo tendrá una longitud equivalente diferente, y la pérdida de presión por unidad de longitud para cada tramo será diferente. Teóricamente es posible diseñar los sistemas de tal manera que estén balanceados.

### **5.2. Diseño de ductos de alta velocidad**

El uso de altas velocidades reduce drásticamente el tamaño del ducto, pero introduce algunos problemas adicionales. El ruido es una de las más serias consecuencias del movimiento del aire a altas velocidades, así que debe prestarse especial atención al diseño e instalación del equipo de atenuación del ruido de estos sistemas. En general, el absorbedor de ruido para estos sistemas, se instala justo adelante (corriente abajo) del ventilador, debido a que el aire no puede ser introducido al espacio acondicionado a alta velocidad, llamado caja terminal para reducir la velocidad del aire. Esta caja sirve además para controlar el aire y para

atenuar el ruido. Generalmente, la caja terminal se instala en la vecindad del espacio al que sirve y puede distribuir el aire a través de varias rejillas.

Las mayores presiones estáticas y totales requeridas por un sistema de alta velocidad agrava el problema de las fugas. Los materiales para ducto, como los tubos de acero de pared delgada no tienen juntas apropiadas para prevenir las fugas y además no resisten adecuadamente las fuerzas que surgen de altos diferenciales de presión por lo tanto, se ha desarrollado un nuevo método de fabricación de ductos para sistemas de alta velocidad. A este tipo de ducto se le conoce como ducto espiral, y siempre tienen una sección redonda u oval. Los conectores están maquinados y diseñados para tener bajas tasas de pérdidas de presión, y sus juntas son herméticamente selladas para evitar fugas. Las pérdidas de presión en los tubos conectores de espiral son diferentes a las de los ductos y conectores galvanizados ordinarios.

### **5.2.1. Método de recuperación estática**

Este método reduce sistemáticamente la velocidad del aire en dirección del flujo, de tal manera que el incremento de la presión estática en cada transición balancea las pérdidas de presión en la siguiente sección. Este método es apropiado para sistemas de alta velocidad y de volumen constante que tiene tramos largos con muchos ramales. Con este procedimiento se obtiene aproximadamente la misma presión estática a la entrada de cada rama, lo cual simplifica la selección de la unidad terminal y el balanceo del sistema. Las principales desventajas del sistema son:

- a. Podría reducir demasiado la velocidad del aire al final de los tramos largos.
- b. La labor de registro y las operaciones de prueba y error del método son tediosas.

- c. Los requerimientos de presión total de cada parte del sistema de ductos no resulta tan evidente.
- d. No se obtiene un sistema balanceado.

El procedimiento general para utilizar el método de recuperación estática consiste en seleccionar una velocidad para el ducto que está unido a la cámara del ventilador; una vez conocida la capacidad, este método establece el tamaño del ducto principal.

### **5.3. Ganancia de calor en ductos**

El aire acondicionado que pasa por los ductos gana calor en los alrededores. Si el ducto pasa a través de espacios acondicionados, la ganancia de calor ocasiona un efecto útil de enfriamiento, pero para los ductos que pasan en lugares no acondicionados representa una pérdida de calor sensible. Para poder compensar esta pérdida de calor latente utilizamos la fórmula siguiente:

$$Q=UxAxDT$$

Q= ganancia de calor del ducto BTU/hr

U= coeficiente general de transferencia de calor, BTU/hr

A= área

DT= diferencia de temperatura

Un aislamiento apropiado reducirá estas pérdidas, pero no las eliminará por completo. Cuando el ducto está cubierto con 1 o 2 pulgadas de aislante de fibra de vidrio y una cubierta reflejante, las pérdidas de calor generalmente se reducen lo suficiente como para suponer que la diferencia de la temperatura media entre el

aire dentro del ducto y el ambiente es igual a la diferencia de temperatura entre el aire de suministro y el ambiente. Aun cuando el aislamiento reduce drásticamente la pérdida de calor, debe considerarse en cada caso la magnitud del diferencial de temperatura y el área superficial; todos los sistemas de ductos deben estar aislados para proporcionarles resistencia térmica. Las pérdidas de calor de los ductos de suministro de aire se vuelven parte de la carga térmica del espacio, por lo que deben sumarse a las pérdidas de calor por transmisión y por infiltración.

#### **5.4. Nivel de ruido**

El ruido producido por los difusores de aire puede llegar a ser molesto para los ocupantes del espacio acondicionado. Los ruidos asociados con el movimiento de aire generalmente no tienen características de frecuencia distinguibles y su intensidad se define analizando una muestra estadísticamente representativa de reacciones humanas. Pueden establecerse contornos de sonoridad (curvas de igual intensidad sonora frente a frecuencia) para tales reacciones.

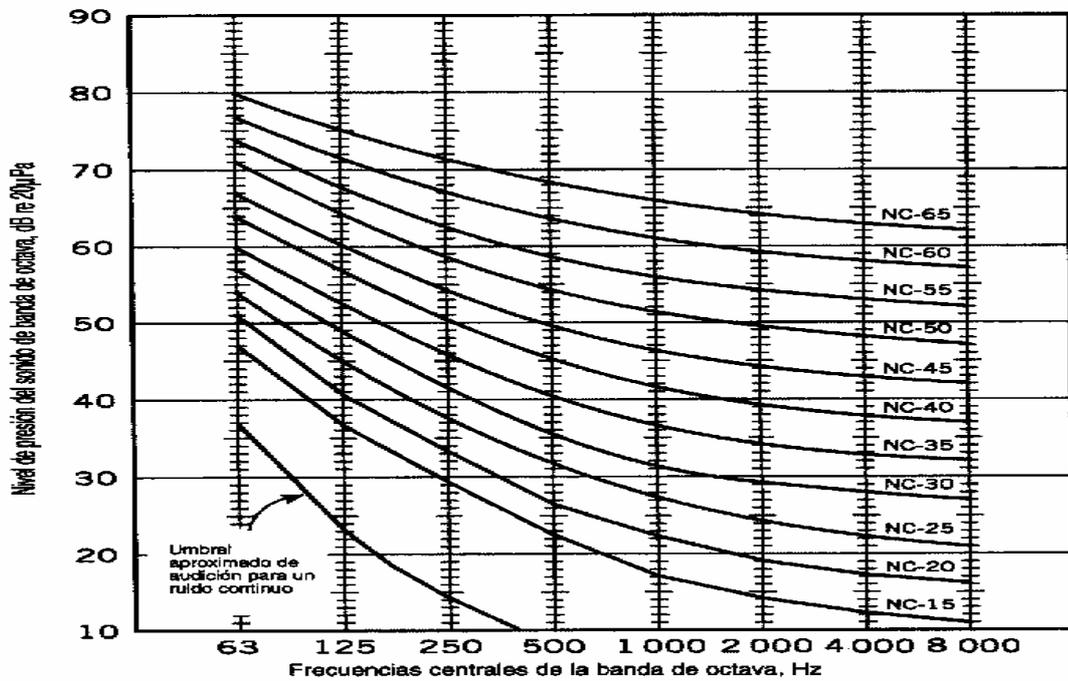
Un método ampliamente utilizado para proporcionar información sobre el contenido espectral del ruido es el de las curvas y números de criterio del ruido (NC, por sus siglas en inglés). En la tabla 12 se muestra las curvas NC. Se trata de una serie de curvas elaboradas a partir de los contornos de sonoridad y de la capacidad del ruido para interferir en una plática, las cuales se utilizan para especificar los límites tolerables de ruido en un medio ambiente de acuerdo con un criterio de un solo número. Se ha encontrado que estas curvas son perfectamente aplicables al cálculo de condiciones del confort de un lugar.

**Tabla XII. Niveles aceptables en un sistema de A/A**

Uso	Criterio
Residencia privada	NC 25-30
Hoteles	NC 30-35
Oficinas	NC 25-30
Hospitales	NC 25-30
Iglesias	NC 30-35
Bibliotecas	NC 35-40
Salas de recitales	NC 15-20
Salas de cine	NC 30-35

Fuente: Mcquiston.Parker.Spitler. Calefacción, ventilación y aire acondicionado: Pág. 371

**Figura 23. Curvas y números de criterio de ruido**



Fuente: Mcquiston.Parker.Spitler. Calefacción, ventilación y aire acondicionado: Pág. 3

## 5.5. Reguladores de flujo

Los dos principales accesorios utilizados en los sistemas de ductos son los alabes y los reguladores de flujo. Los alabes de giro tienen un propósito de evitar la turbulencia y la consiguiente pérdida de presión total en los puntos donde los ductos rectangulares cambian de dirección. Aun cuando se podría obtener este mismo resultado haciendo más grandes los radios. Es decir, utilizando curvas más abiertas, la disponibilidad de espacio no siempre lo permite. Cuando el ducto cambia de dirección 90 grados, los alabes de giro permiten al aire hacer el giro de manera menos abrupta; los reguladores perfil aerodinámico son los más eficientes, pero son más caros que los reguladores de una sola pieza.

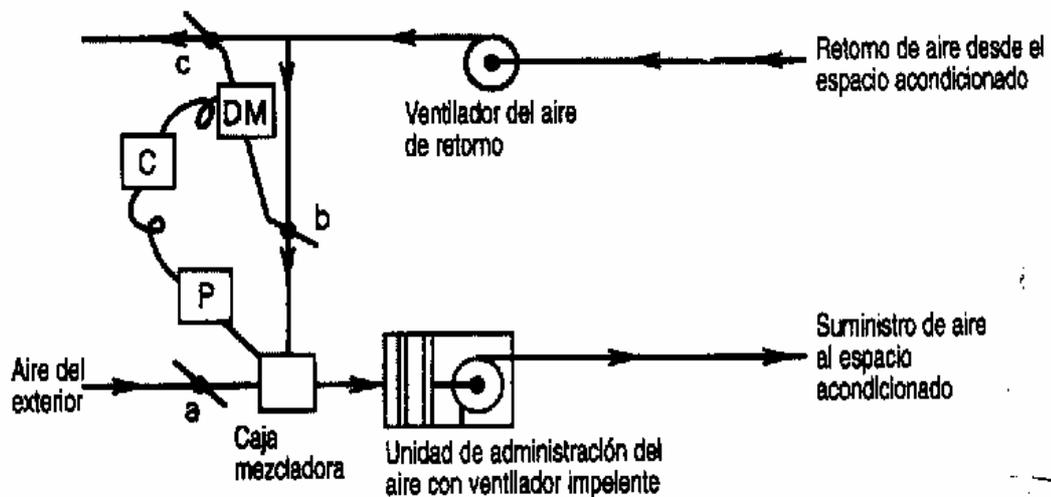
Los reguladores de flujo son necesarios para balancear un sistema y controlar aire de reposición y de la salida. Los reguladores de flujo pueden ser operados a mano y fijados en cierta posición después del ajuste, o pueden ser operados por un motor y controlados por medio de un sensor de temperatura o por señales remotas. El regulador puede ser de una sola hoja que oscila sobre un solo eje o puede estar formado por varias aletas, a modo de aletas guías. Los reguladores provocan una caída de presión, incluso cuando están totalmente abiertos. El coeficiente de pérdida de presión es de aproximadamente 0.52 cuando las aletas están abiertas al máximo.

## **5.6. Aire de renovación**

El diseño y control de la parte de sistema de ducto que maneja el aire de retorno, el aire de salida, el aire del exterior y el aire recirculado es una consideración importante. Independientemente del tipo de sistema utilizado, se requiere de una cantidad fija de aire del exterior para satisfacer los requerimientos de calidad de aire interior. Esto es más difícil con los sistemas de volumen de aire variable (VAV) que con los sistemas de flujo constante. Independientemente del tipo de sistema de volumen de aire variable o de flujo constante, siempre fluirá una cantidad fija de aire a través del ducto de reposición de aire hacia la caja de mezclado, si es constante el diferencial de presión entre el exterior y la caja de

mezclado. Generalmente es necesario utilizar un ventilador en la parte del aire de retorno para asegurar el caudal necesario

**Figura 24. Mezclado de aire exterior**



Fuente: Mcquiston.Parker.Spitler. Calefacción, ventilación y aire acondicionado: Pág. 454

### 5.7. Difusores de aire

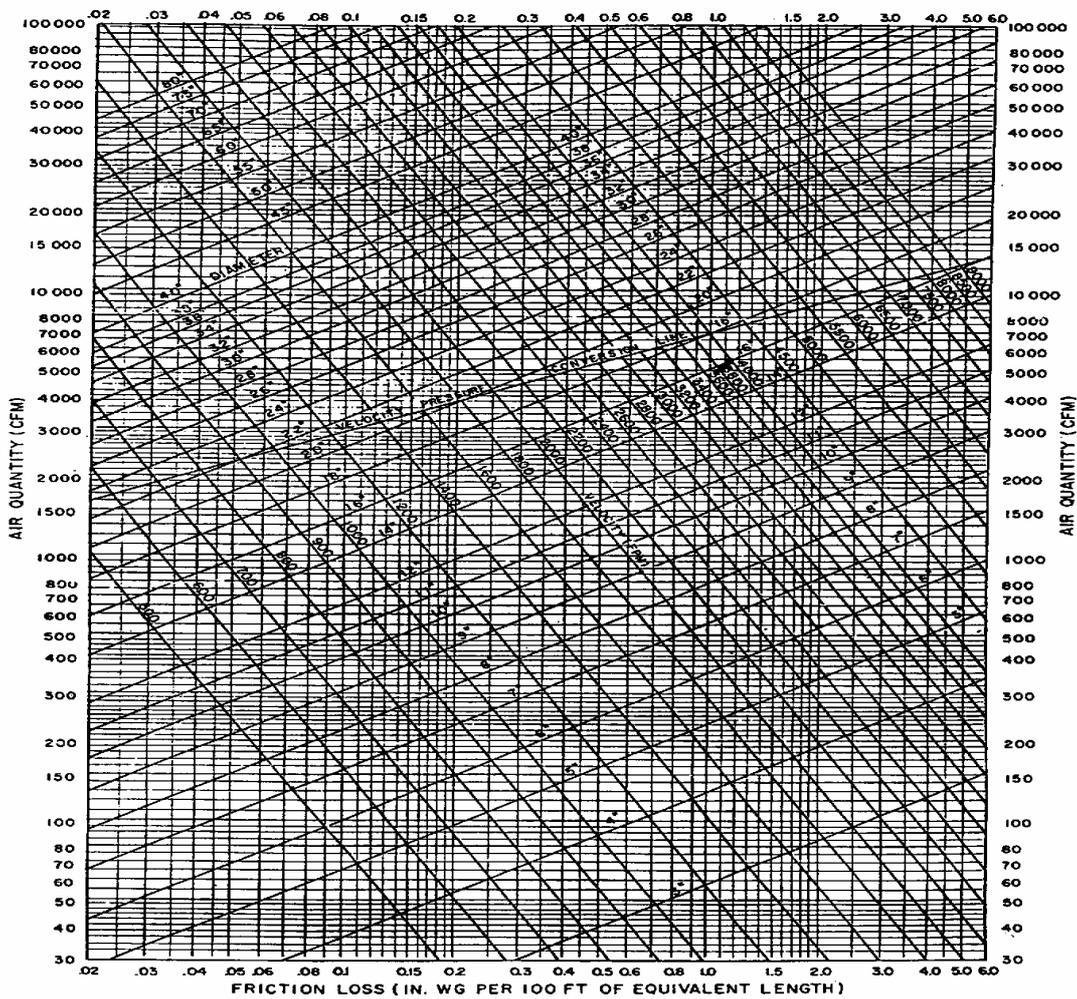
Son los encargados de suministrar finalmente la cantidad de aire requerida en el espacio que se va a acondicionar de la manera más uniforme y silenciosa. Esto depende de la selección que se haga del difusor. Hay cuatro tipos de difusores de aire los cuales son:

- **Parillas y registros:** estos dispositivos consisten de un marco y barras paralelas, que pueden ser fijas o ajustables. Las barras sirven para desviar el suministro de aire en la dirección en la que se dispongan, y si son ajustables, para el alcance y dispersión del aire. Existen parrillas con dos juegos de barras en ángulo recto entre sí, que se llama parrillas de doble deflexión. Permiten el control de la distribución del aire en ambas direcciones, si es necesario. Las parrillas con compuertas de control de flujo detrás de las barras se llaman registros.

- **Difusores de cielo raso:** estos dispositivos consisten, en general, de una serie de anillos concéntricos separados, o persianas con un collarín o cuello para conectarlas con el ducto. Pueden ser redondos, cuadrados o rectangulares. Además de los que distribuyen el aire por igual en todas direcciones, se pueden diseñar para distribuirlo en una dirección determinada. Se consiguen también difusores de cielo raso en forma de tablero perforados. A veces se usa este tipo porque combina arquitectónicamente con la apariencia de un cielo raso de tableros suspendidos.
- **Difusores de ranura:** es una salida larga en forma de banda con una o más aberturas angostas dependiendo del número de barras o persianas.
- **Cámaras plenas de cielo raso:** estas unidades de techo se consiguen con ranuras o perforaciones en la mayor parte o en la totalidad del cielo raso. El espacio sobre el cielo se usa como una gran cámara a través de la cual se suministra el aire. De esta forma se puede distribuir uniformemente por todo el espacio por acondicionar.

## 5.8 Cálculo de ductos por medio de tablas

Figura 25. Para ducto redondo



Fuente: Carrier Manual

Tabla XIII. Para ducto rectangular

SIDE	6		8		10		12		14		16		18		20		22	
	Area sq ft	Diam in.																
10	.39	8.4	.52	9.8	.65	10.9												
12	.45	9.1	.62	10.7	.77	11.9	.94	13.1										
14	.52	9.8	.72	11.5	.91	12.9	1.09	14.2	1.28	15.3								
16	.59	10.4	.81	12.2	1.02	13.7	1.24	15.1	1.45	16.3	1.67	17.5						
18	.66	11.0	.91	12.9	1.15	14.5	1.40	16.0	1.63	17.3	1.87	18.5	2.12	19.7				
20	.72	11.5	.99	13.5	1.26	15.2	1.54	16.8	1.81	18.2	2.07	19.5	2.34	20.7	2.61	21.9		
22	.78	12.0	1.08	14.1	1.38	15.9	1.66	17.6	1.99	19.1	2.27	20.4	2.57	21.7	2.86	22.9	3.17	24.1
24	.84	12.4	1.16	14.6	1.50	16.6	1.83	18.3	2.14	19.8	2.47	21.3	2.78	22.6	3.11	23.9	3.43	25.1
26	.89	12.8	1.26	15.2	1.61	17.2	1.97	19.0	2.31	20.6	2.66	22.1	3.01	23.5	3.35	24.8	3.71	26.1
28	.95	13.2	1.33	15.6	1.71	17.7	2.09	19.6	2.47	21.3	2.86	22.9	3.25	24.4	3.60	25.7	4.00	27.1
30	1.01	13.6	1.41	16.1	1.82	18.3	2.22	20.2	2.64	22.0	3.06	23.7	3.46	25.2	3.89	26.7	4.27	28.0
32	1.07	14.0	1.48	16.5	1.93	18.8	2.36	20.8	2.81	22.7	3.25	24.4	3.68	26.0	4.12	27.5	4.55	28.9
34	1.13	14.4	1.58	17.0	2.03	19.3	2.49	21.4	2.96	23.3	3.43	25.1	3.89	26.7	4.37	28.3	4.81	29.7
36	1.18	14.7	1.65	17.4	2.14	19.8	2.61	21.9	3.11	23.9	3.63	25.8	4.09	27.4	4.58	29.0	5.07	30.5
38	1.23	15.0	1.73	17.8	2.25	20.3	2.76	22.5	3.27	24.5	3.80	26.4	4.30	28.1	4.84	29.8	5.37	31.4
40	1.28	15.3	1.81	18.2	2.33	20.7	2.88	23.0	3.43	25.1	3.97	27.0	4.52	28.6	5.07	30.5	5.62	32.1
42	1.33	15.6	1.86	18.5	2.43	21.1	2.98	23.4	3.57	25.6	4.15	27.6	4.71	29.4	5.31	31.2	5.86	32.8
44	1.38	15.9	1.95	18.9	2.52	21.5	3.11	23.9	3.71	26.1	4.33	28.2	4.90	30.0	5.55	31.9	6.12	33.5
46	1.43	16.2	2.01	19.2	2.61	21.9	3.22	24.3	3.88	26.7	4.49	28.7	5.10	30.6	5.76	32.5	6.37	34.2
48	1.46	16.5	2.09	19.6	2.71	22.3	3.35	24.8	4.03	27.2	4.65	29.2	5.30	31.2	5.97	33.1	6.64	34.9
50			2.16	19.9	2.81	22.7	3.46	25.2	4.15	27.6	4.84	29.8	5.51	31.8	6.19	33.7	6.87	35.5
52			2.22	20.2	2.91	23.1	3.57	25.6	4.30	28.1	5.00	30.3	5.72	32.4	6.41	34.3	7.14	36.0
54			2.29	20.5	2.98	23.4	3.71	26.1	4.43	28.5	5.17	30.8	5.90	32.9	6.64	34.9	7.38	36.8
56			2.38	20.9	3.09	23.8	3.83	26.5	4.55	28.9	5.31	31.3	6.08	33.4	6.87	35.5	7.62	37.4
58			2.43	21.1	3.19	24.2	3.94	26.9	4.68	29.3	5.48	31.7	6.26	33.9	7.06	36.0	7.87	38.0
60			2.50	21.4	3.27	24.5	4.06	27.3	4.84	29.8	5.65	32.2	6.50	34.5	7.26	36.5	8.12	38.6
64			2.64	22.0	3.46	25.2	4.24	27.9	5.10	30.6	5.91	33.1	6.87	35.5	7.71	37.6	8.59	39.7
68					3.63	25.8	4.49	28.7	5.37	31.4	6.26	33.9	7.18	36.3	8.12	38.6	9.03	40.7
72					3.83	26.5	4.71	29.4	5.69	32.3	6.60	34.8	7.54	37.2	8.50	39.5	9.52	41.8
76					4.09	27.4	4.91	30.0	5.86	32.8	6.83	35.4	7.95	38.2	8.90	40.4	9.98	42.8
80					4.15	27.6	5.17	30.8	6.15	33.6	7.22	36.4	8.29	39.0	9.21	41.1	10.4	43.8
84							5.41	31.5	6.41	34.5	7.54	37.2	8.55	39.6	9.75	42.3	10.8	44.6
88							5.58	32.0	6.64	34.9	7.87	38.0	8.94	40.5	10.1	43.1	11.2	45.4
92							5.79	32.6	6.91	35.6	8.12	38.6	9.39	41.5	10.4	43.8	11.7	46.3
96							5.90	33.0	7.14	36.2	8.40	39.2	9.70	42.1	10.8	44.5	12.1	47.2
100									7.40	36.9	8.50	39.5	9.80	42.5	11.3	45.5	12.3	47.6
104									7.60	37.4	8.90	40.5	10.3	43.5	11.6	46.2	13.0	48.8
108									7.90	38.0	9.20	41.2	10.6	44.0	12.0	47.0	13.4	49.6
112									8.10	38.6	9.50	41.8	10.9	44.7	12.3	47.5	13.6	50.3
116											9.80	42.4	11.3	45.5	12.6	48.1	14.3	51.3
120											10.0	42.8	11.5	46.0	13.1	49.1	14.4	51.5
124											10.3	43.5	11.9	46.7	13.4	49.6	15.0	52.4
128											10.6	44.1	12.1	47.1	13.8	50.4	15.5	53.3
132													12.5	47.9	14.1	50.9	15.8	53.9
136													12.8	48.5	14.5	51.6	16.2	54.5
140													13.0	48.8	14.7	52.0	16.3	55.0
144													13.3	49.4	15.2	52.9	16.8	55.6

\*Circular equivalent diameter (d<sub>c</sub>). Calculated from d<sub>c</sub> = 1.3  $\frac{(ab)^{0.625}}{(a+b)^{0.25}}$

†Large numbers in table are duct class.

Fuente: Carrier Manual

Tabla XIV. Para ducto rectangular

SIDE	24		26		28		30		32		34		36		38		40	
	Area sq ft	Diam in.																
10																		
12																		
14																		
16																		
18																		
20																		
22																		
24	3.74	26.2																
26	4.03	27.2	4.40	28.4														
28	4.33	28.2	4.74	29.5	5.10	30.6												
30	4.58	29.3	5.07	30.5	5.44	31.6	5.86	32.8										
32	4.94	30.1	5.37	31.4	5.79	32.6	6.23	33.8	6.68	35.0								
34	5.24	31.0	5.69	32.3	6.15	33.6	6.60	34.8	7.06	36.0	7.54	37.2						
36	5.58	32.0	5.94	33.0	6.52	34.6	6.99	35.8	7.46	37.0	7.95	38.2	8.46	39.4				
38	5.86	32.8	6.38	34.2	6.87	35.5	7.34	36.7	7.87	38.0	8.37	39.2	8.89	40.4	9.43	41.6		
40	6.15	33.6	6.71	35.1	7.22	36.4	7.71	37.6	8.29	39.0	8.81	40.2	9.34	41.4	9.89	42.6	10.5	43.8
42	6.45	34.4	7.03	35.9	7.58	37.3	8.12	38.6	8.68	39.9	9.21	41.1	9.80	42.4	10.4	43.6	11.0	44.8
44	6.75	35.2	7.34	36.7	7.91	38.1	8.50	39.5	9.07	40.8	9.61	42.0	10.3	43.4	10.8	44.6	11.4	45.8
46	7.03	35.9	7.63	37.4	8.25	38.9	8.85	40.3	9.48	41.7	10.1	43.0	10.7	44.3	11.3	45.6	11.9	46.8
48	7.30	36.6	7.95	38.2	8.59	39.7	9.25	41.2	9.89	42.6	10.5	43.9	11.1	45.2	11.8	46.5	12.4	47.8
50	7.58	37.3	8.25	38.9	8.90	40.4	9.61	42.0	10.3	43.5	10.9	44.8	11.6	46.1	12.2	47.4	13.0	48.8
52	7.87	38.0	8.55	39.6	9.25	41.2	9.98	42.8	10.7	44.3	11.4	45.7	12.1	47.1	12.7	48.3	13.5	49.7
54	8.16	38.7	8.85	40.3	9.61	42.0	10.4	43.6	11.0	45.0	11.8	46.5	12.6	48.0	13.2	49.2	14.0	50.6
56	8.42	39.3	9.16	41.0	9.94	42.7	10.7	44.3	11.4	45.8	12.2	47.3	13.0	48.8	13.7	50.1	14.5	51.5
58	8.63	39.8	9.48	41.7	10.3	43.4	11.0	45.0	11.8	46.6	12.6	48.1	13.4	49.6	14.2	51.0	15.0	52.4
60	8.89	40.4	9.75	42.3	10.5	44.0	11.4	45.8	12.2	47.3	13.0	48.9	13.8	50.4	14.6	51.8	15.5	53.3
64	9.43	41.6	10.3	43.5	11.2	45.4	12.1	47.2	12.9	48.7	13.8	50.4	14.7	52.0	15.5	53.4	16.5	55.0
68	9.98	42.8	10.9	44.7	11.8	46.6	12.8	48.4	13.7	50.2	14.5	51.8	15.6	53.5	16.5	55.0	17.5	56.6
72	10.4	43.8	11.5	45.9	12.4	47.8	13.5	49.7	14.4	51.5	15.4	53.2	16.4	54.9	17.4	56.5	18.3	58.0
76	10.8	44.9	12.0	47.0	13.1	49.0	14.1	50.8	15.1	52.7	16.2	54.6	17.3	56.3	18.3	57.9	19.3	59.5
80	11.5	46.0	12.6	48.0	13.7	50.1	14.7	52.0	15.8	53.9	17.0	55.8	18.1	57.6	19.2	59.3	20.3	61.0
84	12.0	46.9	13.2	49.2	14.2	51.1	15.4	53.2	16.5	55.0	17.7	57.0	18.9	58.9	20.1	60.7	21.2	62.4
88	12.5	47.9	13.7	50.1	14.8	52.2	16.1	54.3	17.3	56.3	18.5	58.2	19.7	60.1	20.9	62.0	22.1	63.7
92	12.9	48.7	14.2	51.1	15.5	53.4	16.7	55.4	18.0	57.4	19.2	59.4	20.5	61.3	21.8	63.2	23.0	65.0
96	13.3	49.5	14.8	52.2	15.9	54.0	17.2	56.2	18.6	58.5	19.7	60.2	21.1	62.2	22.7	64.5	24.0	66.3
100	13.9	50.6	15.0	52.5	16.7	55.3	17.9	57.3	19.2	59.4	20.6	61.5	21.6	63.0	23.4	65.5	24.8	67.5
104	14.6	51.8	15.8	53.9	17.1	56.0	18.6	58.5	19.9	60.5	21.4	62.6	22.7	64.5	24.1	66.5	25.6	68.5
108	14.8	52.1	16.2	54.6	17.6	56.8	19.2	59.4	20.5	61.4	22.0	63.5	23.5	65.7	24.8	67.5	26.5	69.7
112	15.1	52.7	16.8	55.5	18.3	58.0	19.7	60.1	21.1	62.3	22.5	64.3	24.5	67.0	25.7	68.7	27.1	70.5
116	15.8	53.9	17.3	56.4	18.9	58.9	20.3	61.1	22.0	63.6	23.5	65.7	24.8	67.5	26.2	69.4	28.2	71.9
120	16.2	54.6	17.8	57.1	19.4	59.6	20.9	62.0	22.7	64.5	24.2	66.7	26.1	69.2	27.2	70.6	29.0	73.0
124	16.6	55.2	18.4	58.1	19.8	60.3	21.6	63.0	23.2	65.4	25.2	68.0	26.5	69.8	28.2	71.9	29.8	74.0
128	17.1	56.0	18.8	58.8	20.3	61.1	22.3	64.0	23.7	66.0	25.6	68.6	27.3	70.8	28.7	72.6	30.2	74.5
132	17.4	56.5	19.3	59.5	20.8	61.8	22.6	64.4	24.5	67.0	26.3	69.5	28.2	72.0	29.8	74.0	32.0	76.6
136	17.9	57.3	19.7	60.2	21.4	62.7	23.0	65.0	25.1	67.9	26.9	70.3	28.7	72.6	30.5	74.8	32.6	77.3
140	18.5	58.2	20.3	61.0	22.3	64.0	24.1	66.5	25.9	69.0	27.5	71.1	29.4	73.5	31.5	76.0	33.4	78.3
144	18.8	58.7	20.6	61.5	22.7	64.5	24.8	67.5	26.3	69.5	28.2	72.0	29.9	74.1	32.0	76.6	34.0	79.0

\*Circular equivalent diameter d<sub>c</sub> Calculated from d<sub>c</sub> = 1.3  $\sqrt{\frac{ab^2}{a+b}}$

\*Large numbers in table are duct class.

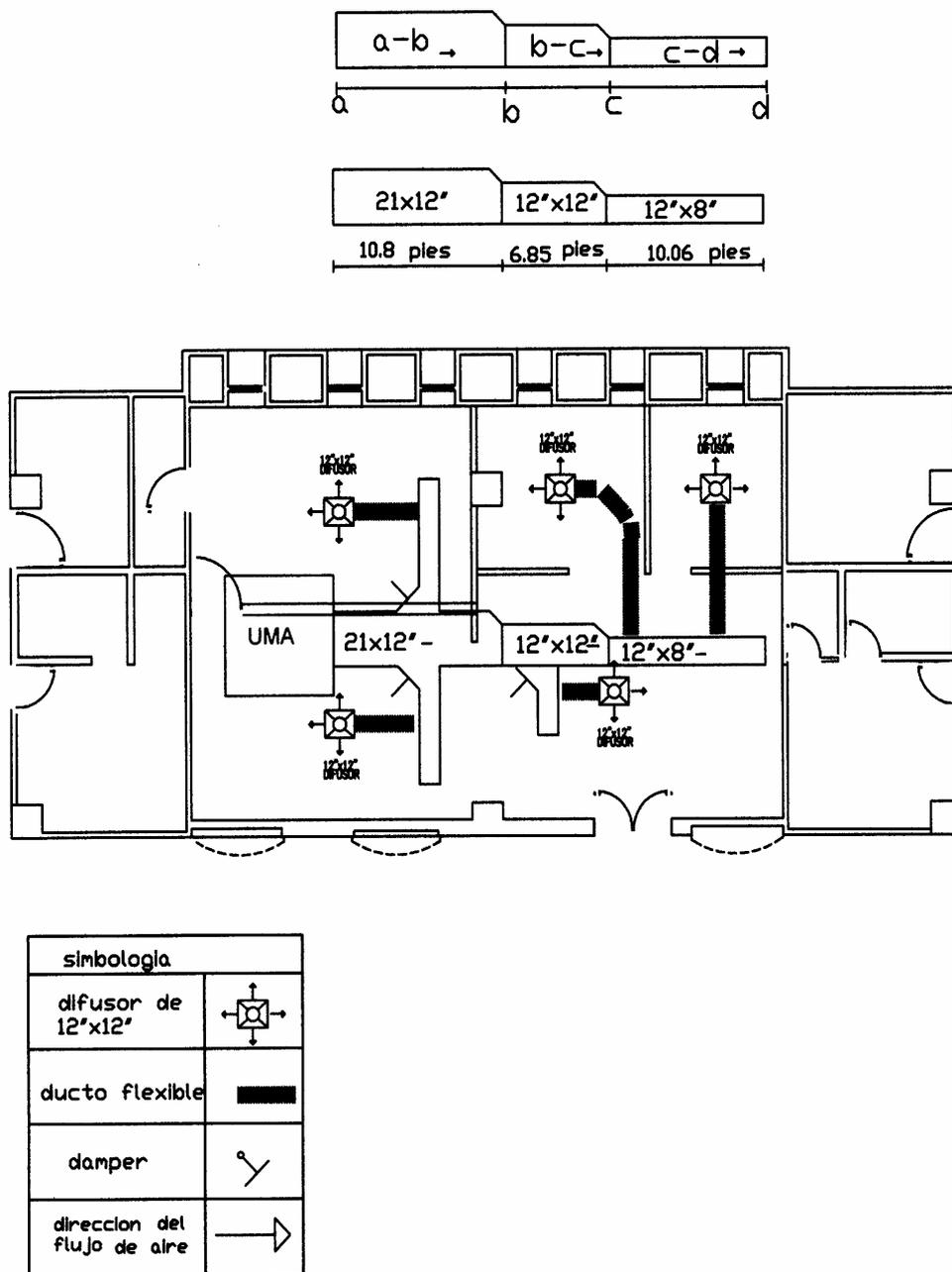
Fuente: Carrier Manual

**Tabla XV. Dimensión del ducto de suministro y retorno**

<b>Ducto de suministro</b>			
SECCIÓN DEL DUCTO	A-B	B-C-	C-D
Caudal	2200	1200	600
Diámetro ducto redondo en pulgadas	17	13	11
Velocidad ducto redondo fpm	1400	1200	1000
Ancho x alto ducto rectangular en pulgadas	21 x 12	12 x 12	12 x 8
Tasa fricción/100 pies	0.15	0.15	0.15
Dimensión del difusor en pulgadas	12 x 12	12 x 12	12 x 12
Deflexión del difusor	0° 22 ½ ° 45°	0° 22 ½ ° 45°	0° 22 ½ ° 45°
<b>Ducto de retorno</b>			
	Único		
Caudal	2200		
Diámetro ducto redondo en pulgadas	19		
Velocidad ducto redondo fpm	1100		
Ancho x alto ducto rectangular en pulgadas	26 x 12		
Tasa fricción/100 pies	0.10		

## 5.9 Esquema de la distribución de aire a través del sistema de ductos

Figura 26. Distribución del aire acondicionado



## 6. ELECTRICIDAD

### 6.1. Corriente

- **Corriente continua:** La corriente se produce cuando en un conductor hay muchos electrones libres que se mueven en la misma dirección. Todo electrón puede producir determinados efectos. Los electrones suelen moverse en diversas direcciones, de manera que tales efectos se anulan, pero cuando se hace que los electrones se muevan en la misma dirección, es decir que hay una corriente que fluye, entonces sus efectos se suman y la energía que libera puede aprovecharse para realizar algún trabajo. Además, mientras mayor sea el número de electrones que se muevan en la dirección, mayor será el flujo de corriente y se dispondrá de mayor energía para efectuar algún trabajo. Por lo tanto, las corrientes mayores o menores las produce un número mayor o menor, respectivamente, de electrones puesto en marcha, en la misma dirección.
- En un conductor cada uno tiene un electrón de valencia. Para producir una corriente eléctrica, los electrones libres en el conductor deben moverse en la misma dirección, y no al azar. Esto se puede hacer aplicando cargas eléctricas en cada extremo del alambre, una carga positiva.

- **Corriente alterna:** es una forma de energía eléctrica originada por el constante movimiento de electrones, los cuales aumentan y disminuyen en su circulación, velocidad y sentido constante y en forma periódicamente. Considerando un punto de referencia, se dice que cuando los electrones se van en sentido de la señal es positivo llegando al lugar alejado haciéndose cero; cuando viene, la señal es negativa hasta llegar al punto de origen.

## 6.2. Voltaje

La carga eléctrica que adquiere un objeto está determinada por el número de electrones que pierde o gana, puesto que el número de electrones que se mueven así es sumamente grande. Cuando dos cargas tienen una diferencia de potencial, la fuerza eléctrica resultante se llama fuerza motriz y la unidad que se usa para indicar la intensidad de la fem es el Vol.

## 6.3. Tipos de cables

Entre los diferentes tipos de cables podemos clasificarlos de la siguiente forma:

- **Cables con aislamiento de PVC:** son los cables H07-U, H07V-R con un rango de voltaje de 450/750, son flexibles debido al trenzado de alambre fino y por ello es conveniente utilizarlos en tendidos por tubos en espacios estrechos o para interconectar partes móviles, por ejemplo, en cuadros eléctricos abatibles. Cuando se utilizan como conductores de compensación de potencial pueden tenderse las líneas también directamente sobre revoque, embebidas en el revoque y bajo revoque, así como sobre bandejas y similares.

Colores: los colores de este tipo de cable son verde-amarillos, negros, azul-claro, marrones, violetas, grises, rojos.

Utilización: en tubos sobre y bajo revoque (en cuartos de baño y duchas en vivienda y hoteles solamente en tubos de plástico), tendido abierto sobre aisladores sobre revoque fuera del alcance de la mano. En aparatos, cuadros eléctricos y distribuidores, en aparatos eléctricos y distribuciones, así como aparatos de alumbrado y junto a ellos, con tensiones nominales de hasta 1,000 voltios en corriente alterna o 750 respecto a tierra en corriente continua. En caso de utilizarse en vehículos sobre rieles, la tensión de servicio en corriente continua puede llegar a ser de 900 voltios respecto a tierra.

- **Cables con nervadura:** son los cables NYIF, con un rango de voltaje de 220/380; son imprescindibles en construcciones de hormigón o de relleno, o realizadas con placas ligeras, en las que no se permiten hacer hendiduras para el tendido de líneas por motivos estáticos.

Colores: naturales.

Utilización: en cuartos de baño y duchas en vivienda y hoteles, sin cubrir por revoque, en los vanos y en los cielos rasos de techos y muros hechos de materiales no combustibles. No es admisible en casas de madera ni en edificios de explotación agrícola, ni en zonas de edificio no separadas de estos mediante muros cortafuegos.

- **Cables con envoltura:** son los cables NYM, con un rango de voltaje de 300/500, se utilizan cuando se impongan requisitos severos, por ejemplo, en explotaciones agrícolas, lechería, queserías, lavanderías, edificios industriales y de administración.

Color: gris.

Utilización: sobre, en y bajo revoque.

- **Cables con envoltura interna de plomo:** son los cables NYBUY, con un rango de voltaje de 300/500 voltios. Este tipo de cable debe instalarse perfectamente cuando se exige alta seguridad, por ejemplo, en industrias químicas, industrias pesadas y en explotaciones mineras.

Color: gris.

Utilización: sobre, en y bajo revoque, pero no en cuartos de baños y duchas que se encuentran en viviendas y hoteles.

- **Cables con envoltura metaliza:** son los cables NYRUZY, con un rango de voltaje de 300/500, se utilizan, cuando se eligen en el tendido sobre revoque grandes distancias entre los puntos de fijación. Tiene una mezcla de relleno elástica de goma y un alambre suplementario (monofilar, bifilar, trifilar) de alambre de cobre estañado, dispuesto en el interior de la envoltura metálica plegada. El alambre suplementario no debe utilizarse como neutro ni como conductor de protección.

Color: gris

Utilización: sobre, en y bajo revoque, pero en cuartos de baños y duchas que se encuentran en viviendas y hoteles. Se puede usar en recintos con instalaciones con alta frecuencia, pero no a la intemperie.

- **Cables con recubrimiento de silicona y alta resistencia térmica:** son los cables SiAF' y SiÁ, con un rango de voltaje de 300/500, para tendido en lugares con altas temperaturas ambiente. Por ejemplo, en aparatos de calefacción, aparatos de alumbrados de alta potencia, fundiciones y salas de calderas.

Color: marrón

Utilización: en tendido protegido en equipos eléctricos y en aparatos de alumbrado o junto a ellos.

- **Cables de conductores paralelos:** son los cables H03VH-H, con rango de voltaje de 300/300. Para evitar sobrecargas, deben conectarse los cables fijamente a los aparatos o emplearse en combinación con cajas de enchufe. No son apropiados para la conexión de cocinas y aparatos calefactores.

Colores: negro, marfil y marrón

Utilización: en lugares secos, para usos domésticos, cocinas y oficinas.

- **Cables con funda de goma:** Estos cables son los H05RN-F, con un rango de voltaje de 300/500, y son para casos de aplicación en que se pueda excluir la acción de grasas y aceites.

Color: negro

Los códigos de un cable se pueden leer de la siguiente manera

**Ejemplo: H07V-U1.5**

					_____	<b>diámetro</b>
					_____	<b>monofilar</b>
					_____	<b>PVC</b>
					_____	<b>voltaje 450/750</b>

## 6.4 Tabla de los diferentes calibres de cables

**Tabla XVI. Simbología en un cable**

	Primera parte	Segunda parte	Tercera parte
SÍMBOLO DE NORMATIVA			
Normativa armonizada	H		
Recocido	A		
TENSIÓN NOMINAL			
300/300 V		03	
300/500 V		05	
450/750 V		07	
Material del aislamiento			
PVC		V	
Caucho natural		R	
Caucho de silicona		S	
Material de la envoltura			
PVC		V	
Caucho natural		R	
Caucho de policloropreno		N	
Tejido de fibra de vidrio		J	
Tela		T	
Tejido de tela con masa ignífuga		T2	
Peculiaridades de la constitución			
Cableado plano, divisible		H	
Cableado plano, no divisible		H2	
Núcleo ( no de sustentación)		D5	
Tipo de conductor			
Monofilar		-U	
Multifilar		-R	
De alambre fino para cables de tendido fijo		-K	
De alambre fino para cables flexibles		-F	
De alambre extrafino para cables flexibles		-H	
De hilos		-Y	
NÚMERO DE CONDUCTORES			
Conductor de protección			
Sin conductor de protección			X
Con conductor de protección			G
Sección nominal del conductor			.....

**Tabla XVII. Diámetro de los conductores**

Seccion nominal mm <sup>2</sup>	AWG Calibre	Amperes	Amperes por mm <sup>2</sup>
0.8235	18	-----	-----
1.307	16	-----	-----
2.082	14	20	9.606
3.307	12	25	7.559
5.260	10	35	6.654
8.367	8	50	5.976
13.30	6	65	4.887
21.15	4	85	4.019
26.67	3	100	3.749
33.62	2	115	3.420
42.41	1	130	3.065
53.48	1/0	150	2.804
67.43	2/0	175	2.595
85.01	3/0	200	2.353
107.2	4/0	230	2.145

Internet [www. Instalaciones electricas.com](http://www.Instalaciones electricas.com)

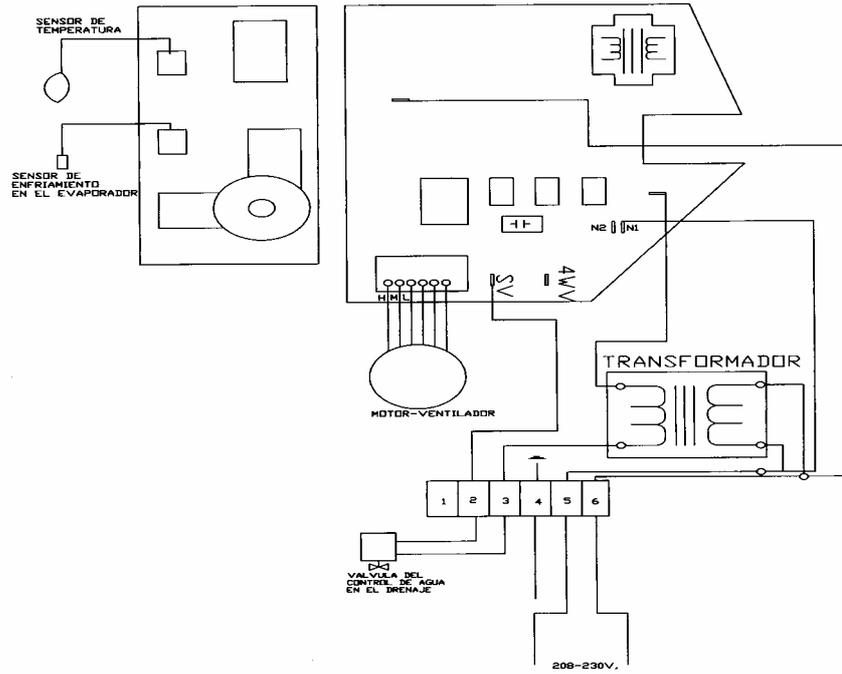
**Tabla XVIII. Diámetros para tubos en instalaciones eléctricas**

Sección de los cables en mm.	1 conductor		2 conductores		3 conductores	
	PVC	GOMA	PVC	GOMA	PVC	GOMA
1	13	13	13	13	13	13
1.5	13	13	13	13	13	13
2.5	13	13	13	13	13	13
4	13	13	13	16	13	16
6	13	16	13	23	16	23
10	16	23	23	23	23	23
16	23	23	23	29	23	29
25	23	29	29	29	29	36
35	29	36	29	36	36	48
50	36	36	36	48	48	48
70	36	48	48	48	48	
95	48	48	48			
120	48					

Internet= [www. Instalaciones electricas.com](http://www.Instalaciones electricas.com)

## 6.5 Esquema del circuito eléctrico del equipo de aire acondicionado

Figura 27. Diagrama eléctrico



## CONCLUSIONES

1. Los diferentes accesorios usados en el circuito del aire acondicionado son de vital importancia en el funcionamiento adecuado de todo el sistema para que pueda arrancar y parar en el momento adecuado y requerido y se pueda lograr mantener el confort necesario en el área por condicionar de la sección central del nivel # 3 del edificio de administración de la ciudad universitaria.
2. La salud del personal que trabajará en la sección central de nivel # 3 dependerá de la eliminación de todos los contaminantes del aire como el dióxido de carbono y el monóxido de carbono. Por eso se deberá seleccionar un filtro que elimine todas las impurezas y, de esta forma, tener un aire lo más puro y sano que se pueda respirar previniendo de esta manera enfermedades que puedan dañar la salud del personal.
3. La cantidad de humedad que contenga el aire en movimiento hará que el personal que labora durante el día se sienta en un ambiente adecuado. La humedad debe estar en un rango de 50% a 55% y el aire deberá mantenerse a una temperatura de 70 °F. Estos valores los obtenemos de la carta de psicrometría, que nos dará los rangos requeridos para nuestro diseño de aire acondicionado seleccionado.
4. La carga térmica externa se transmitirá al edificio por las ventanas, paredes y terraza. Teniendo en cuenta su ubicación y posición geográfica, los rayos solares penetrarán en la mañana y por la tarde. Se obtuvieron datos estadísticos del INSIVUMEH de los últimos 10 años, dando confiabilidad a los datos calculados para la obtención de la capacidad térmica del área por condicionar.
5. El aire suministrado por medio de los difusores a través del ducto le dará mayor elegancia al área y un ambiente mucho más cómodo, tomando en cuenta el nivel del ruido mínimo y máximo de una oficina.

## RECOMENDACIONES

1. Es necesario un mantenimiento preventivo en forma periódica para obtener un rendimiento satisfactorio al 100% de la eficiencia del equipo y reducir fallas mecánicas.
2. Siendo oficinas y por el tipo de decoración interna, el equipo de aire acondicionado debe ser del tipo SPLIT, debido a que el flujo de aire de suministro y retorno debe ser a través de ductos de lámina, instalados encima del cielo falso y anclados en la terraza de concreto. De esta manera, el aire será inyectado al área lo más discreto posible a través de los difusores.
3. Asegurar un ambiente térmicamente estable no es solo lo que se busca en aire acondicionado, sino mantener un aire libre de contaminantes que puedan dañar la salud de los trabajadores, por lo que se debe seleccionar un filtro capaz de atrapar todas las partículas (por muy pequeñas que fueran), asegurándonos de dar el confort necesario y un ambiente saludable.
4. Debido a los desequilibrios climáticos a que estamos expuestos, hoy en día, el aire acondicionado es la mejor manera de dar climatización artificial, brindando a cualquier persona un confort total en el desempeño de sus labores cotidianas. Por esta razón es necesaria la implementación de este diseño climático.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Alarcón Creus. Refrigeración automática.
2. Air-Conditioning & Refrigeración Institute. **Manual de refrigeración y aire acondicionado**. 2ª. edición México; editorial Prentice-Hall, 1994.
3. Carrier, **Air Conditioning Company**, Carrier system designs manual Estados Unidos, 2000.
4. Dossat, Roy J. **Principios de refrigeración**. 17ª. Reimpresión; México continental, S.A. 1997.
5. Harry, Mileaf. **Electricidad tomo 1**. 13ª. Reimpresión. México; editorial Limusa, 1992.
6. Pita, Edward G. **Acondicionamiento de aire principios y sistemas**. México; editorial Continental, 1994. 548 p.
7. Rheem. **Air conditioning company**. Rheem system manual Estados Unidos, 2002
8. Royo Carnicer, Enrique. **Aire acondicionado**. 2ª. edición. España; Editorial Paraninfo S.A. 1991.
9. McQuiston, Faye C. Parker, Jerald D. Splitter, Jeffrey D. **Calefacción, ventilación y aire acondicionado, análisis y diseño**. México; editorial Limusa. 2003. 622 p.
10. Seip. G. Gunter. **Instalaciones eléctricas volumen 1**. 2ª. Edición. República Federal de Alemania. 1989.

## **Anexos**

# Montaje de unidad manejadora

Figura 28. Montaje de la manejadora en la losa

