

300617

69  
2ej



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA  
INCORPORADA A LA U. N. A. M.

SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO  
PARA APLICACION EN HOSPITALES  
DE TERCER NIVEL

TRABAJO QUE  
PRESENTA COMO  
PRUEBA DE ORIGEN

**TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO - ELECTRICO  
P R E S E N T A :  
EDMUNDO RODRIGUEZ ABRAJAN

ASESOR DE TESIS:  
Ing. Jorge Salcedo González

México, D. F.

1992



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

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

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

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

## INDICE

I. INTRODUCCION.	1
II. OBJETIVO.	3
III. CONTENIDO.	4
1. CONCEPTOS BASICOS DE AIRE ACONDICIONADO.	4
1.1 Principios Básicos	4
1.2 Carta Psicrométrica	10
1.3 Procesos Psicrométricos	14
1.4 Condiciones de Confort	19
2. VENTILADORES.	21
2.1 Definición	21
2.2 Clasificación	22
2.3 Leyes de los Ventiladores	26
2.4 Comportamiento y Prueba de los Ventiladores	28
2.5 Curvas de Rendimiento	31
3. EQUIPO.	35
3.1 Clasificación General de los Equipos de Aire Acondicionado	35
3.2 Dispositivos de Enfriamiento	36
3.3 Ductos	42
3.4 Controles	46
3.5 Humidificadores	48
3.6 Válvulas y Compuertas	50
3.7 Filtros	51

4. SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO.	53
4.1 Introducción a los Sistemas de Aire	53
4.2 Sistemas de Volumen Constante	55
4.3 Sistemas con 100 % Aire del Exterior	61
5. APLICACIONES DE AIRE ACONDICIONADO EN HOSPITALES DE TERCER NIVEL.	62
5.1 Aspectos Generales	62
5.1.1 Movimiento del Aire	64
5.1.2 Calidad del Aire	64
5.1.3 Control de la Temperatura y Humedad	66
5.2 Determinación de la Carga Térmica	67
5.2.1 Carga de Enfriamiento	69
5.2.2 Aplicación de la Carta Psicrométrica	71
5.2.3 Carga de Calefacción	74
5.3 Sistemas de Aire Acondicionado en Hospitales de Tercer Nivel	76
5.3.1 Recomendaciones de Diseño	76
5.3.2 Aplicación	77
5.4 Estudio Económico y Alternativas	92
IV. CONCLUSIONES.	98
V. BIBLIOGRAFIA.	99

## **CAPITULO I.**

## **INTRODUCCION**

## INTRODUCCION

Se define como hospital al lugar característico que se destina a la atención médica y a la prevención de las enfermedades de la colectividad.

Para que un hospital pueda prestar mejor atención médica debe contar con un número mayor de servicios e instalaciones dentro de las áreas específicas de trabajo.

Las instalaciones de tipo electromecánico con que un hospital o centro de salud debe contar son las siguientes:

- a) Alumbrado.
- b) Instalaciones eléctricas y sanitarias.
- c) Equipo de oxígeno.
- d) Equipos de intercomunicación o voiceo.
- e) Aire acondicionado.
- f) Subestación de emergencia.

El tamaño del inmueble, la magnitud de la atención médica y el contar con un adecuado funcionamiento de cada una de la instalaciones, ayuda a enmarcar el nivel de atención que un centro de salud proporciona. Por lo anterior, se reconocen tres tipos:

- a) 1º Nivel : Clínicas y Hospitales rurales.
- b) 2º Nivel : Hospitales regionales o de zona.
- c) 3º Nivel : Hospitales de especialidades o Institutos.

El sistema de aire acondicionado, representa, una de las instalaciones de mayor significancia dentro de un hospital, su importancia se explicará a continuación.

El hablar de aire acondicionado, no sólo implica el confort de los ocupantes de un salón o el proporcionar un ambiente específico determinado por los requerimientos de algún proceso químico o industrial. Por tal motivo se establecerá una definición de aire acondicionado que cubra todas las aplicaciones anteriormente expuestas.

Se define al aire acondicionado como : "El control de los factores que afectan las condiciones atmosféricas que rodean la hombre dentro de una estructura; tales factores son la temperatura, humedad, polvo u olores, movimiento del aire y distribución del mismo".

Considerando el sistema de aire acondicionado de un hospital como un proceso para proporcionar confort y partiendo de la definición, las funciones del aire acondicionado en aplicaciones de unidades médicas son las siguientes:

- 1.- Crear condiciones de confort en las diferentes áreas de trabajo y de pacientes.
- 2.- Mantener la esterilidad en ciertas áreas o zonas de trabajo que por sus actividades así lo requieran.
- 3.- Mantener en zonas específicas los gradientes de presión que por sus actividades así lo requieran.

La forma de cumplir con éstos aspectos se establecerá en el objetivo de éste trabajo.

## **CAPITULO II.**

**OBJETIVO**

**OBJETIVO**

El objetivo del presente trabajo, es determinar los criterios de selección para el diseño del sistema de aire acondicionado en un Hospital de tercer nivel. Una vez seleccionado se planteará un caso práctico y el análisis económico del mismo.

Durante el desarrollo de cada capítulo se estudiará en forma progresiva los componentes y características de los elementos que logran en su conjunto diseñar en forma adecuada el sistema de aire acondicionado requerido por un Hospital de tercer nivel. Un buen diseño debe satisfacer los factores expuestos anteriormente.

### **CAPITULO III.**

**CONTENIDO**

## 1.- CONCEPTOS BASICOS DE AIRE ACONDICIONADO

El objetivo de este capítulo, es determinar los conceptos que desde el punto de vista termodinámico intervienen en el estudio del aire acondicionado además de establecer las variables que este concepto involucra.

### 1.1 PRINCIPIOS BASICOS

El presentar una base teórica servirá de guía para comprender mejor los conceptos de mayor complejidad que en el desarrollo de los siguientes capítulos se utilizarán para determinar el sistema de aire acondicionado en Hospitales de tercer nivel.

El aire acondicionado, es un proceso en donde interviene la transferencia de calor, por ello, es necesario establecer los conceptos y definiciones que intervienen en su estudio.

#### CALOR

El calor es una forma de energía que se manifiesta por el movimiento de las partículas que conforman un cuerpo.

Debido a que el calor se define a partir del movimiento molecular, se establecerá el concepto de cero absoluto ( - 460 °F ) en donde teóricamente no existe movimiento molecular y por tanto no existe calor. De esta manera, el frío no existe como término positivo, sino que representa la ausencia de calor.

El calor fluye del cuerpo mas caliente al cuerpo mas frío, a través de cualquier objeto o material. Los materiales aislantes unicamente sirven para retardar el paso del calor.

La figura siguiente es la representación típica del proceso de transferencia de calor.

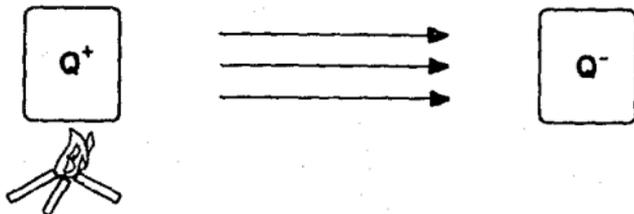


FIG. 1.1. Transmisión de Calor.

### MEDIDA DE CALOR

En aire acondicionado, la unidad que comunmente se maneja es el BTU ( British Thermal Unit ) y se define como la cantidad de calor necesaria para elevar en  $1^{\circ}\text{F}$  la temperatura de 1 lb de agua.

### CALOR ESPECIFICO

El calor específico de una sustancia es la cantidad de calor que esta puede absorber para elevar en un grado la - unidad de masa que lo constituye. Por tal motivo el calor específico es particular de cada sustancia.

### CALOR SENSIBLE

Es la cantidad de calor cedido o absorbido por una sustancia en la cual se presenta un cambio en la temperatura sin encontrarse cambio en el estado físico de la sustancia.

### CALOR LATENTE

Es la cantidad de calor cedido o absorbido por una sustancia a la cual acompaña algún cambio en el estado físico del material sin encontrar cambio en la temperatura del mismo.

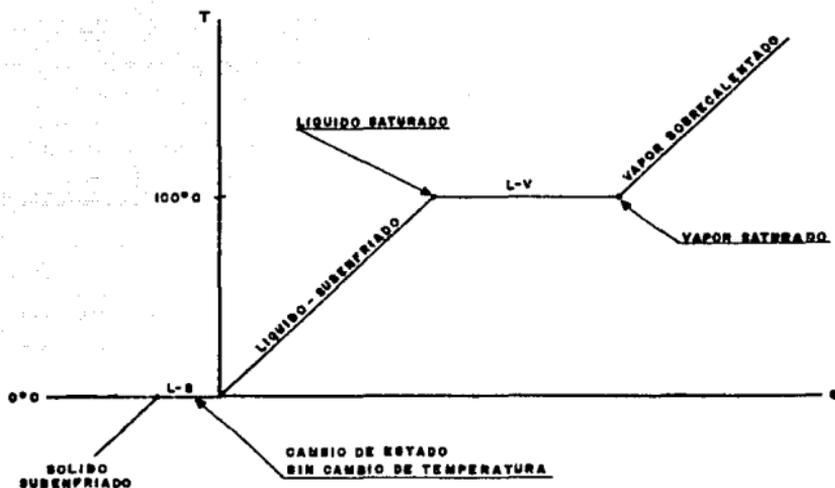


FIG. 1.2 Diagrama de Calor Latente y Calor Sensible.

#### CALOR LATENTE DE FUSION O CONGELACION

Es la cantidad de calor requerida para cambiar la unidad de peso de una sustancia del estado sólido al estado líquido o viceversa.

El calor latente de fusión del agua es de 144 btu.

#### CALOR LATENTE DE EVAPORACION O CONDENSACION

Es la cantidad de calor requerida para convertir la unidad de peso de una sustancia del estado líquido al estado gaseoso o viceversa.

#### TONELADA DE REFRIGERACION

Este concepto se basa en el principio de que podemos tener dos estados del agua a la misma temperatura.

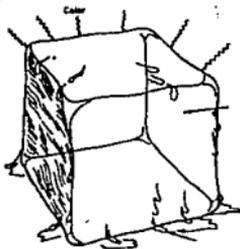


FIG. 1.3 Calor Latente de Fusión.

Utilizando el principio de calor latente de fusión del agua (144 BTU) y considerando 2000 lb de hielo se tendrá que:

$$2000 \text{ lb} \times 144 \text{ BTU/lb} = 288 \text{ 000 BTU}$$

considerando 1 día = 24 hrs.

$$\frac{288 \text{ 000 BTU}}{24 \text{ hrs}} = 12 \text{ 000 BTU/hr}$$

24 hrs

$$1 \text{ TON de refrigeración} = 12 \text{ 000 BTU/hr}$$

#### MÉTODOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR

Para el aire acondicionado, el conocer las bases teóricas de los métodos de transferencia de calor es de gran ayuda para determinar la carga térmica de un edificio o área determinada. El cálculo de carga térmica sirve para determinar la capacidad de los equipos de aire acondicionado que se seleccionarán en cualquier sistema.

El calor puede transferirse de un punto a otro de menor temperatura en tres formas además de cualquier combinación de éstas :

- a) Conducción
- b) Convección
- c) Radiación

A continuación se definirán cada uno de los siguientes conceptos :

## CONDUCCION

La transferencia de calor a través del método de conducción, está relacionado con la estructura molecular de los cuerpos, en general los sólidos conducen mejor calor que los líquidos y éstos a su vez mejor que los gases.

La transferencia de calor por conducción se presenta cuando se transmite energía por el contacto directo entre las moléculas que conforman un cuerpo. Esto quiere decir que las moléculas calentadas comunican su energía a las otras que se encuentran inmediatamente adyacentes a ellas.

La ecuación que determina la transferencia de calor por el mecanismo de conducción es la siguiente :

$$q = - K A \frac{(t_1 - t_2)}{X} = \frac{- K A \Delta T}{X}$$

donde :

A = Area de la sección

$\Delta T$  = Diferencial de temperaturas

X = Longitud del material

K = Conductividad térmica particular del material

En caso de encontrar varios planos en serie tenemos:

$$q = \frac{T_i - T_f}{R_t} \quad \text{donde} \quad R_t = \frac{X_1}{K_1 A_1} + \frac{X_2}{K_2 A_2} + \dots + \frac{X_n}{K_n A_n}$$

$R_t$  = Resistencia total de los elementos en serie

## CONVECCION

La convección es el proceso de transmisión de calor que se logra mediante el movimiento de las corrientes que se establecen dentro de un fluido. Estas corrientes se deben al cambio de densidad producido por el calentamiento de la sustancia (la porción del fluido caliente tiende a subir mientras la fría tiende a bajar).

La definición implica que se puede encontrar convección libre o natural la cual se logra por el movimiento mismo del fluido o convección forzada en donde se coloca un elemento externo que apresure el proceso de transferencia.

La ecuación que define este tipo de transferencia de calor es:

$$q = - h A \Delta T$$

donde :

$h$  = Factor que depende de la velocidad del fluido

$A$  = Area de transmisión

$\Delta T$  = Diferencial de temperaturas

## RADIACION

La transferencia de calor por radiación, se presenta por movimiento de onda y en el cual la energía calorífica de un cuerpo caliente pasa a otro de menor temperatura sin que exista contacto directo del uno con el otro.

El calor transmitido por el mecanismo de radiación, queda definido por la ecuación siguiente :

$$q = 0.172 A \left[ \left( \frac{T_s}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_r}{100} \right)^4 \right] e F_a$$

$A$  = Area de fuente o receptor depende de  $F_a$

$T_s$  ,  $T_r$  = Temperatura de fuente o receptor en temperaturas absolutas

$e$  = Factor de emisividad

$F_a$  = Factor que toma en cuenta la configuración geométrica de las superficies radiantes

0.172 = Constante

## 1.2 CARTA PSICROMETRICA

La carta psicrométrica es un instrumento que nos relaciona en forma gráfica cada una de las variables y características del aire.

El conocer las características del aire de una localidad proporciona la información necesaria para iniciar el diseño de cualquier sistema de aire acondicionado.

Por éste motivo, se establecerán las características y propiedades del aire así como una breve definición.

El aire es una mezcla de elementos en estado gaseoso con la siguiente composición :

ELEMENTO	% EN VOLUMEN
Nitrógeno	78.03
Oxígeno	20.90
Argón	1.00
Otros gases	0.06

La anterior composición corresponde a la del aire limpio y seco el cual prácticamente no existe sino que además contiene cierta cantidad de vapor de agua en suspensión.

De lo anterior, obtenemos calidades de aire en relación a la cantidad de vapor de agua en suspensión, contenidas a una temperatura determinada.

La construcción de la carta psicrométrica depende también de la densidad del aire del lugar, lo que origina que existan

cartas para usarse a diferentes alturas sobre el nivel del mar.

Para entender mejor la utilización de la carta psicrométrica es necesario definir las características antes mencionadas y su respectiva localización en la carta. Estas características son las siguientes :

- a) Temperatura de bulbo seco
- b) Temperatura de bulbo húmedo
- c) Temperatura de rocío
- d) Humedad absoluta
- e) Humedad relativa
- f) Entalpía
- g) Volumen específico

La carta psicrométrica ayuda a esquematizar el proceso de intercambio de calor necesario para el acondicionamiento ambiental, por tal motivo se definirán y se localizarán en la carta éstos conceptos.

#### TEMPERATURA DE BULBO SECO

La temperatura de bulbo seco se puede leer en la línea horizontal que forma la base de la carta.

Extendiendo líneas verticales encontramos temperaturas constantes de bulbo seco.

Por definición, la temperatura de bulbo seco es la que se detecta en un termómetro común.

#### TEMPERATURA DE BULBO HUMEDO

La localización de la temperatura de bulbo húmedo es aquella que corre en líneas paralelas con un ángulo aproximado de  $45^{\circ}$  y que se lee en la línea de saturación.

Se define la temperatura de bulbo húmedo a la que se mide en un termómetro cuyo bulbo ha sido cubierto con un trapo o franela limpia y húmeda a la que se hace pasar un flujo

de aire de 1000 ft/min de modo que la humedad comience a evaporarse.

#### TEMPERATURA DE ROCIO

Es la temperatura a la cual empieza la condensación de la humedad contenida en el aire cuando este se enfría.

La temperatura de rocío se localiza en la carta sobre la línea de saturación.

#### HUMEDAD ABSOLUTA

La humedad absoluta o relación de humedad, es el valor que se puede leer en la escala vertical localizada en la extrema derecha de la carta.

Se define como el peso de vapor de agua expresado en lb por lb de aire seco.

#### ENTALPIA O CALOR TOTAL

La entalpía del aire es muy útil para determinar el calor que ha sido suministrado o removido en algún proceso específico.

La entalpía es leída en la continuación de la correspondiente a la de bulbo húmedo.

#### VOLUMEN ESPECIFICO

La escala de volumen específico la localizamos en líneas paralelas a  $30^{\circ}$  sobre la carta.

El volumen específico se define como los  $\text{ft}^3$  por lb de aire a condiciones dadas.



### 1.3 PROCESOS PSICROMETRICOS

Las aplicaciones prácticas de la carta psicrométrica en el diseño de aire acondicionado se describirán a continuación dándose los procesos de acondicionamiento más usuales y su respectiva representación en la carta.

Conocer la representación en la carta de cada uno de éstos procesos permite conocer los resultados e implicaciones del sistema de aire acondicionado que se desea diseñar. Estos procesos son calentamiento, enfriamiento, humidificación, dehumidificación y la combinación de todos ellos.

#### a) Calentamiento

El proceso de calentamiento se representa con una línea horizontal en donde la humedad específica permanece constante, la temperatura de bulbo seco, la temperatura de bulbo húmedo y la entalpía aumentan mientras que la humedad relativa decrece.



FIG. 1.5 Calentamiento.

## b) Enfriamiento

Durante éste proceso la humedad específica también permanece constante pero el calor total contenido (entalpía) en el aire se reduce, de igual manera sucede con la humedad relativa.

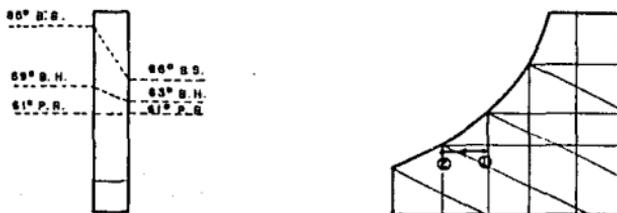


FIG. 1.6 Enfriamiento.

## c) Enfriamiento y Dehumidificación

Este proceso tiene como principio la condensación. Si un aire que contiene cierta cantidad de humedad disminuye su temperatura por debajo de su punto de rocío inicial observamos que éste pierde humedad. Durante éste proceso la temperatura de bulbo seco baja y la humedad relativa incrementa su valor.



FIG. 1.7 Enfriamiento y Dehumidificación.

## d) Calentamiento y Dehumidificación

Este proceso se caracteriza por obtener la dehumidificación manteniendo la temperatura de bulbo húmedo y por tanto, la entalpía del aire es constante. La dehumidificación se consigue debido a que al bajar el calor latente obtenemos un cambio de estado producido por la condensación del vapor de agua provocando que la temperatura de bulbo seco se incremente y la humedad relativa descienda.

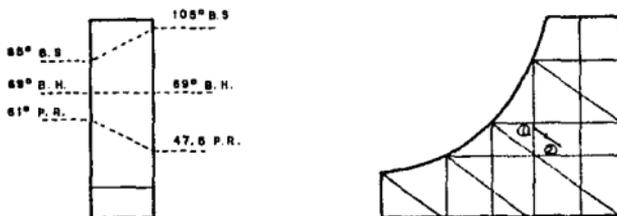


FIG. 1.8 Calentamiento y Dehumidificación.

## e) Saturación Adiabática (Enfriamiento y Humidificación)

La humedad es proporcionada al aire pero sin alterar la temperatura de bulbo húmedo o entalpía del mismo. El calor latente es proporcionado al agua para que ésta cambie a vapor lo cual ocasiona que la temperatura de bulbo seco baje y de ésta manera la humedad relativa se incremente.

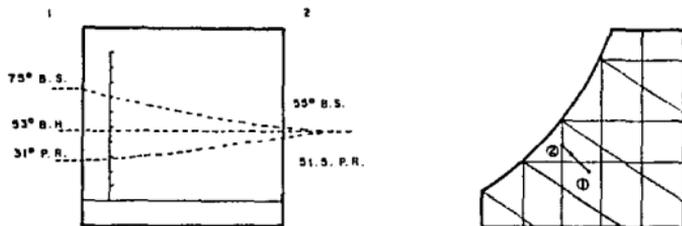


FIG. 1.9 Saturación Adiabática.

## f) Calentamiento y Humidificación

Este es un sencillo proceso en donde se aumenta el calor y la humedad del aire obteniendo un incremento en la temperatura de bulbo húmedo y la humedad relativa. El vapor de agua contenido en el aire provoca que aumente la temperatura del bulbo seco.

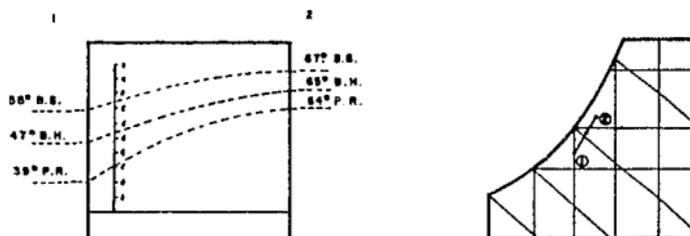


FIG. 1.10 Calentamiento y Humidificación.

## g) Humidificación

Este proceso se lleva a cabo con humidificadores de rejilla en donde se trata de mantener casi constante la temperatura de bulbo seco. La temperatura de bulbo húmedo, la entalpía del aire y la humedad relativa se incrementa.

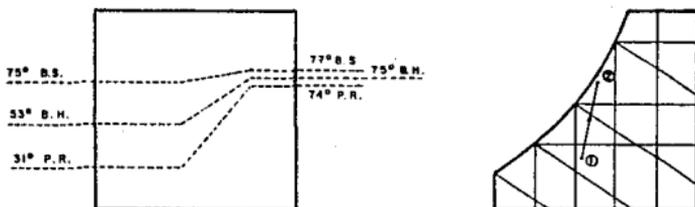


FIG. 1.11 Humidificación.

## h) Dehumidificación y Enfriamiento

Durante éste proceso la temperatura de bulbo seco baja al igual que la temperatura específica contenida en el aire, por el contrario aumenta la humedad relativa al punto de saturación.

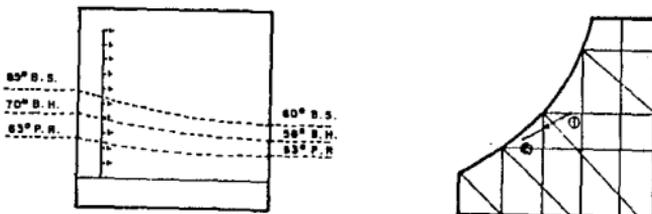


FIG. 1.12 Dehumidificación y Enfriamiento.

Los procesos antes descritos se ven resumidos en la siguiente carta psicrométrica.

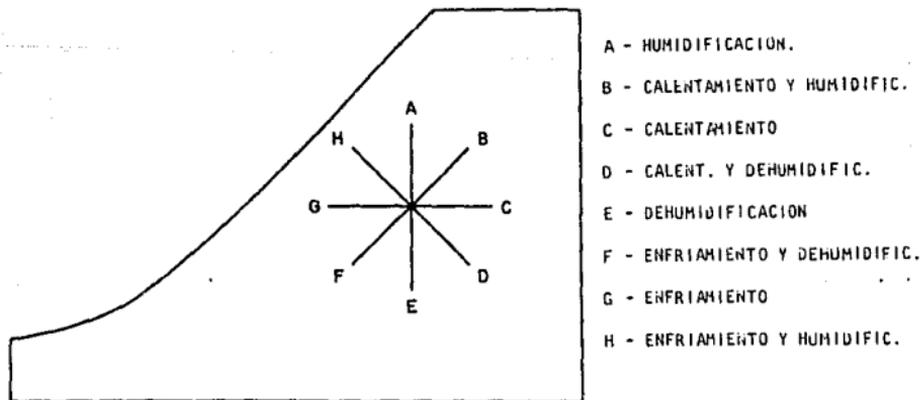


FIG. 1.13 Representación Esquemática de Procesos Psicrométricos en Aire Acondicionado.

#### 1.4 CONDICIONES DE CONFORT

El confort no es más que una simple sensación subjetiva. Para hablar de confort ambiental es necesario considerar al hombre como una máquina productora de calor, ésto significa que si el calor que éste genera no es igual al medio circundante éste sentirá frío o calor según sea el caso.

Cuando un hombre es rodeado de un cierto tipo de ambiente de acuerdo a su temperatura y/o humedad relativa éste lo ayuda a perder el calor producido por el metabolismo sin ocasionar esfuerzo por parte del individuo.

Un punto importante a considerar es que resulta imposible para cualquier sistema de aire acondicionado proporcionar un ambiente que satisfaga al mismo tiempo y con el mismo efecto a un grupo de individuos que se encuentren en el mismo lugar realizando actividades diferentes. Lo anterior se explica en la tabla siguiente en donde observamos la cantidad de calor producida por un hombre normal de acuerdo a la actividad que éste realiza.

ACTIVIDAD	CANTIDAD DE CALOR PRODUCIDO (BTU/HR)
Durmiendo	255
Sentado en posición de descanso	380
Actividad sedentaria	400
De pie con movimientos ligeros	430
Caminando	780
Corriendo	1400

Para los cálculos de sistemas de aire acondicionado el estandar normal que se considera es el de una actividad sedentaria que representa 400 BTU/Hr por persona.

A grandes rasgos, los factores que intervienen en el confort de las personas son los siguientes :

- a) Temperatura del aire
- b) Humedad del aire
- c) Movimiento del aire
- d) pureza del aire
- e) Distribución del aire

El considerar estos factores al mismo tiempo nos lleva a definir conceptos como el de temperatura efectiva, que implica el hecho de que una persona pueda percibir más calor a una misma temperatura si modificamos la humedad o circulación del aire. De acuerdo a éste principio, se fija como estandar 70° F y 50 % de humedad relativa al estado de confort.

## 2. VENTILADORES

Debido a que el proceso de ventilación requiere de consideraciones especiales en aplicaciones de unidades médicas, se establecerán a continuación y en forma particular los conceptos básicos sobre la selección y aplicación de los ventiladores.

Estas consideraciones se refieren a los volúmenes mínimos de ventilación aplicados a los diferentes locales o áreas de trabajo dentro de un hospital.

A continuación se presenta una tabla ejemplificativa de éstos requerimientos:

LOCALES	CAMBIOS (VOL/HR)
Urgencias	
- Consultorios	12
- Cuarto de curaciones	15
Tococirugía	
- Anestesia	25
- Quirófanos	25
- Recuperación	25
- Vestidores	15

El desarrollo de éste capítulo tiene por objeto establecer los tipos de ventiladores, su definición y características en aplicaciones de aire acondicionado.

### 2.1 DEFINICION

Un ventilador es cualquier dispositivo que produce una corriente de aire a una presión determinada.

De acuerdo con la American Society of Mechanical Engineers, un ventilador no debe incrementar la densidad

específica del aire que maneja en relación a su entrada con su salida en más de un 7 %, lo que en términos de presión equivale a 30 in w.g. (columna de agua).

Para los sistemas de aire acondicionado los ventilares representan el medio de suministro al área o áreas en donde se desea acondicionar, y por tanto su selección es de vital importancia para el cálculo de éstos sistemas.

## 2.2 CLASIFICACION

Los ventiladores se clasifican en forma general de acuerdo con la naturaleza del flujo que pasa a través de las aspas de rodete.

De acuerdo a éste principio, éstos se clasifican de la manera siguiente:

- a) Axiales
  - a.1) Hélice o propela
  - a.2) Veno - axiales
  - a.3) Tubo - axiales
- b) Centrífugos o Radiales
  - b.1) Paletas rectas
  - b.2) Paletas curvas hacia adelante
  - b.3) Paletas curvas hacia atrás
  - b.4) Paletas tipo air - foil

A continuación se dará una definición de cada uno de éstos ventiladores y se hablará de sus características y aplicaciones particulares.

### VENTILADORES AXIALES

Los ventiladores axiales, tienen una mayor aplicación en sistemas industriales debido a los grandes volúmenes de aire y a las presiones bajas que manejan, así como las medidas que los caracterizan.

Los ventiladores de hélice o propulsores, pueden montarse sobre un anillo o marco de montaje.

Los ventiladores veno - axiales y los tubo - axiales tienen carcasas o envolvente cilíndrica, la diferencia es que los primeros están equipados con aletas o venas guía estacionarias.

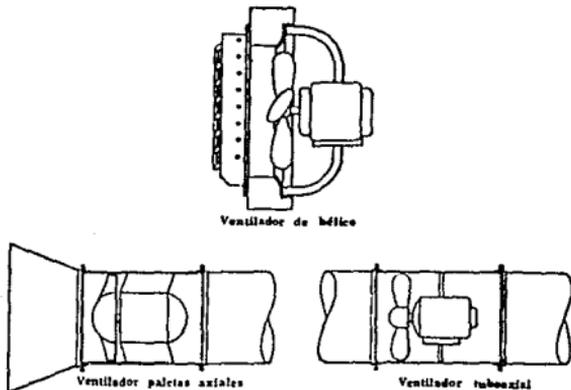


FIG. 2.1 Ventiladores Axiales.

## VENTILADORES CENTRIFUGOS

Los ventiladores centrífugos son usados extensamente en los sistemas de ventilación, calefacción y aire acondicionado. Se caracterizan por manejar cualquier cantidad de aire además de altas presiones. Los ventiladores centrífugos se clasifican de acuerdo a la inclinación de las aletas. Esta inclinación determinará sus características y aplicaciones.

Los ventiladores de aletas planas o radiales son los menos usados en trabajos de aire acondicionado pero son los de mayor aplicación en la extracción de humos y en el manejo de materiales abrasivos y polvos.

El ventilador típico para calefacción y aire acondicionado tiene una rueda de muchas aletas curvas hacia adelante y con una representación de fuerzas como se muestra en la siguiente figura:

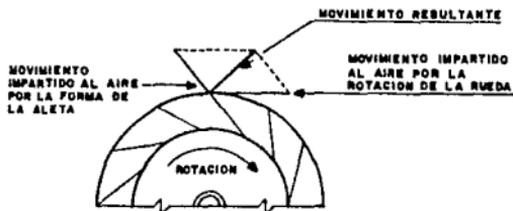


FIG. 2.2 Aletas Curvas Hacia Adelante.

Se caracteriza por mover grandes volúmenes de aire para aplicaciones en donde se requieren pocas revoluciones y presiones medias, lo que cubre los requerimientos en instalaciones residenciales y comerciales.

Otra característica importante de éste tipo de ventiladores es el bajo nivel de ruido que producen durante su operación por lo que son usados en sistemas integrales de calefacción o enfriamiento.

Los ventiladores de aletas inclinadas hacia atrás, tienen las aletas dirigidas en sentido contrario a la rotación. Su eficiencia mecánica es alta, no se sobrecargan y son de mayor velocidad que los anteriores.

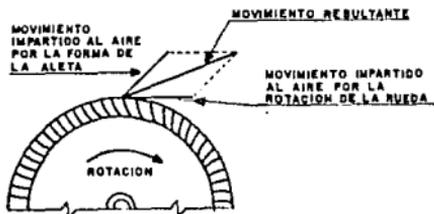


FIG. 2.3 Aletas Curvas Hacia Atrás.

Una variación de la aleta inclinada hacia adelante o hacia atrás es la rueda que se denomina tipo air - foil, que se caracteriza por tener pocas aletas con perfil aerodinámico.

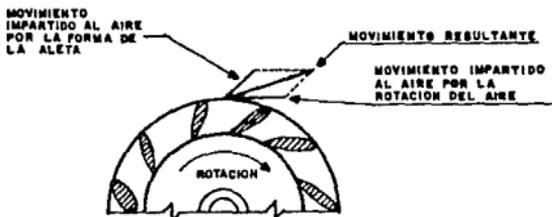


FIG. 2.4 Aletas Tipo Air - Foil.

Este tipo de rodete se emplea en sistemas de alta presión a velocidades y consumos de energía relativamente bajos, tienen un costo de fabricación muy alto y por tanto sus aplicaciones se ven reducidas a sistemas de gran tamaño.

### 2.3 LEYES DE LOS VENTILADORES

Los ventiladores funcionan a ciertas leyes de comportamiento que es necesario conocer para determinar los efectos que ocasionaría modificar la magnitud de alguna de las variables que intervienen en su operación.

Estas, se mencionarán a continuación considerando las siguientes variables:

Q = Gasto en Ft<sup>3</sup>/Min

P = Presión total, estática o de velocidad

V = Velocidad

a) Cuando varía la velocidad

a.1) El gasto varía proporcionalmente con la relación de velocidades.

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \frac{v_2}{v_1}$$

a.2) La presión varía con el cuadrado de la relación de velocidades.

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2$$

a.3) La potencia varía con el cubo de la relación de velocidades.

$$\frac{hP_2}{hP_1} = \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^3$$

b) Cuando la presión varía

b.1) El gasto y la velocidad varían con la raíz cuadrada de la relación de presiones.

$$\frac{Q_2}{Q_1} = \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{1/2}$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{1/2}$$

b.2) La potencia varía de acuerdo a la relación de presiones a la 3/2.

$$hP_2 = hP_1 \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{3/2}$$

c) Cuando varían a la vez la velocidad y el diámetro del rodete del ventilador.

c.1) El gasto varía con el producto de la relación de velocidades y la relación de los diámetros del rodete al cubo.

$$Q_2 = Q_1 \frac{v_2}{v_1} \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^3$$

c.2) La presión varía con el producto del cuadrado de la relación de velocidades y el cuadrado de la relación de diámetros.

$$P_2 = P_1 \left( \frac{v_2}{v_1} \right)^2 \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^2$$

c.3) La potencia varía con el producto del cubo de la relación de velocidades y la quinta potencia de la relación de los diámetros del rodete.

$$hP_2 = hP_1 \left( \frac{v_2}{v_1} \right)^3 \left( \frac{D_2}{D_1} \right)^5$$

En la práctica se designa un aire estandar con una densidad de 0.075 lb/ft<sup>3</sup> y un volumen específico de 13.33 ft<sup>3</sup>/lb, que corresponde al nivel del mar, a una temperatura de 68°F y una humedad relativa del 50 %.

Para cuando los cálculos e instalaciones se requieran a una altitud cualesquiera, es necesario efectuar las correcciones correspondientes por altitud y que serán representadas en la carta psicrométrica que se le asigne.

#### 2.4 COMPORTAMIENTO Y PRUEBA DE LOS VENTILADORES

El poder determinar el comportamiento de un sistema de ventilación, permite seleccionar con mayor facilidad sistemas que produzcan presiones positivas o negativas en un área con respecto a la otra y así tener un mejor control en el movimiento del aire.

En aplicaciones hospitalarias el área de quirófanos se debe mantener a una sobre presión en el interior de la sala para evitar la entrada de bacterias o gérmenes acarreados por el aire ambiente circundante.

A nivel internacional, las características de los ventiladores se determinan por las normas del código de la Air Moving and Conditioning Association (AMCA). Este código establece de modo uniforme las pruebas para obtener la capacidad, potencia, presión, velocidad de rotación y eficiencia de los ventiladores.

Las fórmulas y definiciones que ha continuación se presentan, nos permiten obtener los valores y características mencionadas.

## a) Volumen o gasto

El volumen del ventilador se define como los  $\text{ft}^3/\text{min}$  que pasan a través de la descarga del ventilador.

## b) Velocidad de descarga

La velocidad de descarga de un ventilador es la velocidad de rotación del rodete o impulsor.

Se define dividiendo el volumen del flujo que maneja entre el área de salida.

$$v = \frac{\text{Vol.}}{\text{Area}}$$

V = Velocidad de descarga

Vol. = Volumen o gasto

Area = Area de salida del ventilador

## c) Presión de velocidad (Pv)

La presión de velocidad es la que corresponde a la velocidad de salida del ventilador.

Esta definida por la siguiente fórmula:

$$Pv = \frac{v^2}{4005}$$

Pv = Presión por velocidad en in (columna de agua)

V = Velocidad en  $\text{ft}/\text{min}$

4005 = Constante

## d) Presión total del ventilador (Pt)

La presión total de un ventilador se define como la deficiencia establecida entre la presión total a la salida y la presión total a la entrada del mismo.

$$Pt = Pt_2 - Pt_1$$

$Pt_2$  = Presión total a la salida en in (columna de agua)

$Pt_1$  = Presión total a la entrada en in (columna de agua)

Cuando el ventilador succiona directamente de la atmósfera  $Pt_1 = 0$ .

e) Presión estática del ventilador ( $P_s$ )

La presión estática de un ventilador es la diferencia entre la presión total y la presión de velocidad. Esta, se refiere a la presión existente en el ducto.

$$P_s = P_t - P_v$$

$P_s$  = Presión estática en in (columna de agua)

f) Potencia de salida

La potencia teórica o de salida de un ventilador se define como la fuerza requerida para moverlo, considerando una eficiencia del 100 %. La potencia teórica se define de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$hp = \frac{(Q)(Pt)}{6536}$$

Q = Gasto

Pt = Presión total

6536 = Constante

g) Potencia de entrada

La potencia al freno o de entrada, es la potencia real de un ventilador y en donde se consideran pérdidas por fricción. Por tal motivo su magnitud es mayor.

Es importante mencionar que la potencia al freno solo

es posible calcularla en forma experimental efectuando mediciones con dinamómetros, medidores de par o motocalibradores.

#### h) Eficiencia total

El rendimiento o eficiencia total de un ventilador se define como la razón de la potencia de salida a la potencia de entrada del mismo.

La eficiencia total también conocida como eficiencia mecánica es calculada de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\eta_t = \frac{(Q)(P_t)}{6356 (\text{potencia de entrada})}$$

$\eta_t$  = Eficiencia total

La eficiencia estática de un ventilador es la eficiencia total multiplicada por la razón de la presión estática a la presión total del mismo.

$$\eta_s = \eta_t \frac{P_s}{P_t} = \frac{(Q)(P_s)}{6356 (\text{potencia de entrada})}$$

El fabricante de equipos de ventilación, generalmente vacía éstos datos de prueba en gráficas que denomina curvas de rendimiento.

## 2.5 CURVAS DE RENDIMIENTO

Las curvas de funcionamiento de un ventilador, muestran sus características de operación. Estas son particulares de cada ventilador y son obtenidas en pruebas de laboratorio o en fábrica por lo que indican los rangos en que manejan el gasto volumétrico, presión, potencia y eficiencia. La obtención de éstos datos nos permitirá conocer su tamaño y velocidad del aire que manejan.

Comparando las curvas de funcionamiento de un ventilador centrífugo con las de otro axial, se observa que mientras

que en el ventilador centrífugo la potencia (hP) se incrementa en relación al gasto (CFM), en un ventilador axial la potencia decrece en relación al incremento del gasto.

Considerando ahora los valores de la eficiencia en relación al gasto, en un ventilador axial la máxima eficiencia ocurre en un valor superior que en un centrífugo; por otra parte esta curva es mucho más estable dentro de ciertos rangos de operación.

La figura siguiente muestra en forma comparativa las curvas de operación de un ventilador veno - axial contra las de ventiladores centrífugos de varios tipos.

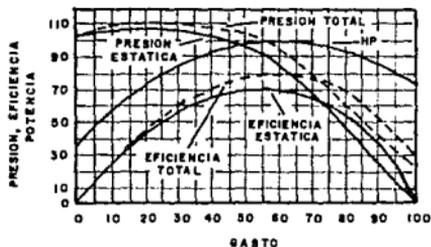
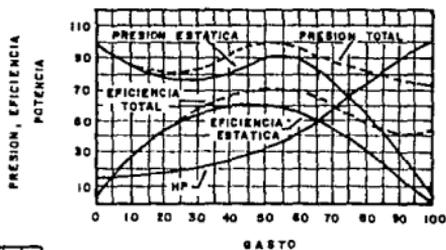
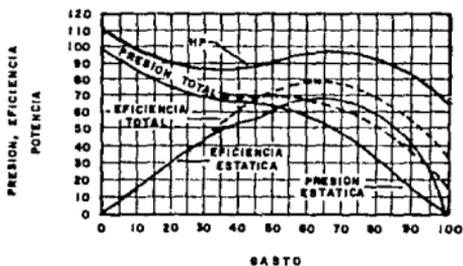


FIG. 2.5 Curvas de Operación.

## CURVAS CARACTERISTICAS DE UN SISTEMA

La curva característica de un sistema de ventilación, representa la presión estática requerida para vencer las pérdidas generadas en cualquier arreglo de distribución por medio de ductos.

De ésta forma, se observa que la curva característica de un sistema calculando las pérdidas por fricción (aumento en la presión estática) en relación a la variación con el gasto y que de acuerdo a un incremento en la fricción, aumenta en principio muy lentamente y posteriormente éste incremento es más significativo.

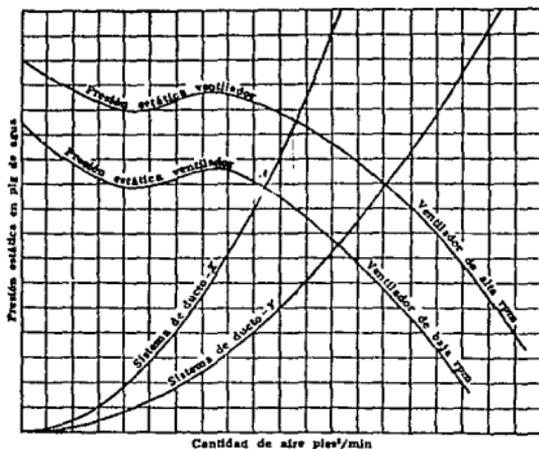


FIG. 2.6 Curva Característica de un Sistema.

Con lo anterior, el trazar la curva característica de un sistema sobre la gráfica de un ventilador, se obtendrán los datos reales de operación dado que se puede operar a cualquier capacidad pero cuando se aplica a un sistema, el punto de funcionamiento es donde se intersectan la curva - característica del sistema y la de presión correspondiente al ventilador.

En aplicaciones de sistemas de aire acondicionado es necesario considerar otras variables que se pueden encontrar en los sistemas de ductería. Dichas variantes hacen que la velocidad no sea constante y se refieren a la localización y posición de las compuertas y rejillas que regulan el paso del aire a través de los ductos.

Como componente de un sistema de aire acondicionado el ventilador es el elemento encargado de mover el aire a través de los serpentines de refrigerante, agua helada, agua caliente o vapor.

Los sistemas de extracción también se diseñan seleccionando un tamaño específico de ventilador.

En resumen todo sistema de aire acondicionado o extracción requiere de este elementos como agente impulsor o extractor de aire.

### 3. EQUIPO

En el mercado relacionado con el aire acondicionado, existen equipos que al ser ensamblados en planta, trabajan dentro de ciertos parámetros de funcionamiento. Este capítulo tiene por objeto conocer el tipo de equipo, materiales y accesorios que pueden seleccionarse en los sistemas de aire acondicionado según lo determinado por el cálculo de carga térmica.

El motivo de estudiar por separado cada componente se debe a que los fabricantes de equipo suministran si el proyectista así lo solicita las piezas o accesorios para que el aparato sea ensamblado en campo.

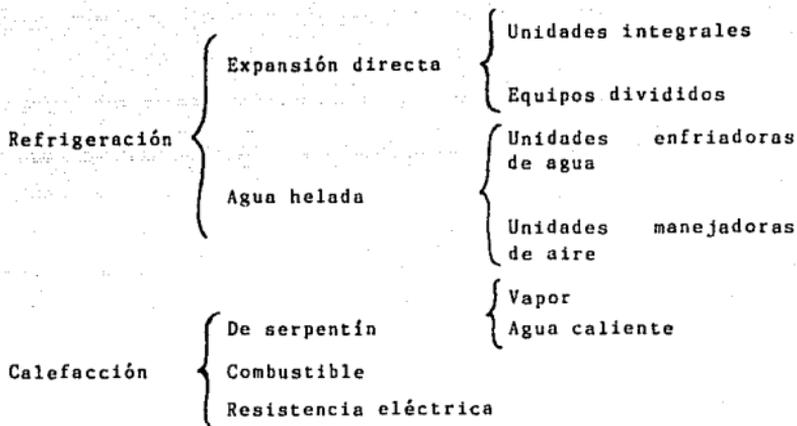
#### 3.1 CLASIFICACION GENERAL DE LOS EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO

Para cubrir la gran variedad de necesidades de acondicionamiento ambiental se cuenta con numerosos equipos y aplicaciones. La siguiente clasificación se efectúa en base al tipo de sistema (calefacción o enfriamiento) considerando el flujo que manejan.

La selección de cada uno de éstos, obedece a criterios tales como capacidad, facilidad de instalación o a características especiales del aire que será introducido al local.

Esta, se refiere únicamente a los equipos de aire acondicionado y no se debe olvidar que el proyecto completo requiere de elementos tales como ductos, controles, humidificadores o compuertas los cuales, en conjunto logran la adecuada operación del sistema.

Las generalidades de cada uno de éstos componentes y sus aplicaciones en unidades médicas se enunciarán en el desarrollo del presente capítulo.



### 3.2 DISPOSITIVOS DE ENFRIAMIENTO

Los equipos que con frecuencia se utilizan para extraer calor al aire que se desea acondicionar (equipos de enfriamiento), se basan en el ciclo de refrigeración, por ello, se explicará su funcionamiento.

#### CICLO DE REFRIGERACION

El ciclo de refrigeración se basa en el principio de que todo fluido tiene una temperatura de evaporación y otra de condensación en relación a la presión y temperatura a que se encuentre.

Para el simple caso de la temperatura de fusión del hielo, ésta es de  $32^{\circ}$  F encontrándose en el nivel del mar ( $14.7 \text{ lb/in}^2$ ); en cambio a una presión de  $14200 \text{ lb/in}^2$  el hielo se derrite a  $16^{\circ}$  F.

Partiendo de éste principio, teóricamente casi cualquier líquido no corrosivo puede usarse como refrigerante siempre y cuando éste sea adecuado para las condiciones deseadas de presión y temperatura. Es por ello que el ciclo de refrigeración maneja fluidos con puntos de ebullición muy bajos.

Los líquidos refrigerantes tienen la propiedad de absorber la temperatura del fluido que está en contacto con él y que se supone más alto. La tabla siguiente muestra los tipos de refrigerantes más comunes:

NOMBRE QUIMICO	NOMBRE COMUN	PUNTO DE EBULLICION(°F) 14.7 lb/in <sup>2</sup> abs
Amoniaco	R-717	-28.0
Diclorodifluorometano	R-12	-21.6
Monoclorodifluorometano	R-22	-41.4
Cloruro de metilo	R-40	-10.8
Triclorotrifluorometano	R-113	117.6

La representación esquemática del ciclo de refrigeración es la que se muestra en la figura siguiente:

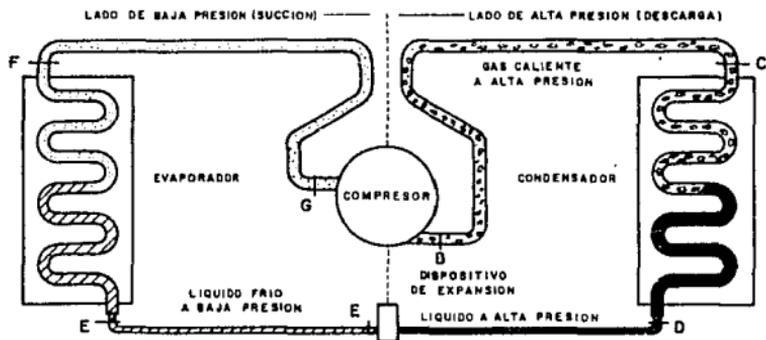


FIG. 3.1 Ciclo de Refrigeración.

De acuerdo con las literales del dibujo anterior, tenemos los siguientes componentes del ciclo de refrigeración:

- B-C línea de gas caliente
- C-D serpentín condensador
- D-E reducimos la presión del líquido
- E-F serpentín evaporador
- F-G línea de succión del refrigerante
- G-B compresión del gas refrigerante

La representación esquemática del ciclo de refrigeración en un diagrama T-S puede considerarse como una modificación del ciclo de Carnot.

En forma general, el ciclo teórico de un gas refrigerante se establece por los cuatro procesos siguientes:

- 1-2 compresión adiabática reversible
- 2-3 suministro de calor a presión constante reversible
- 3-4 expansión irreversible
- 4-1 absorción de calor a presión constante reversible

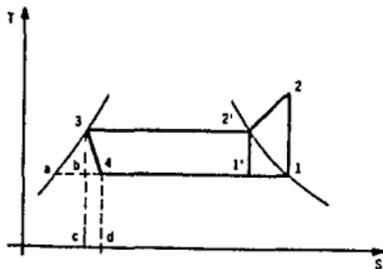


FIG. 3.2 Diagrama T - S del Ciclo de Refrigeración.

Las funciones y características de los cuatro componentes del ciclo de refrigeración son los siguientes:

### COMPRESOR

En la construcción de los equipos de refrigeración del tipo de expansión directa se utilizan compresores reciprocantes o centrífugos.

Los compresores centrífugos usan refrigerantes de baja presión y generalmente son usados para satisfacer capacidades por arriba de 75 Ton. de refrigeración. Los compresores reciprocantes se usan para manejar capacidades desde 0.5 Ton. hasta más de 100 Ton. de refrigeración.

Las funciones básicas de éste componente son:

- a) Comprime el gas refrigerante para que éste pueda aumentar su presión y temperatura.
- b) Circula el refrigerante a través del sistema.
- c) Extrae el refrigerante del evaporador.

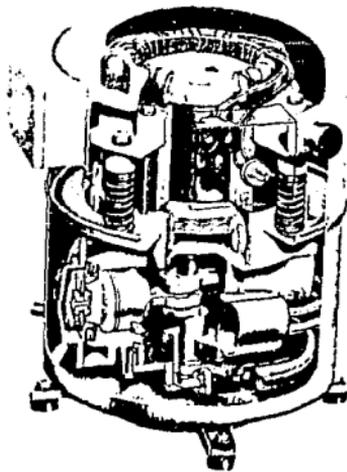


FIG. 3.3 Compresor.

## CONDENSADOR

El condensador es el dispositivo en donde el agente absorbe el calor del refrigerante, transformando el gas sobrecalentado que sale del compresor en líquido saturado o subenfriado.

Este proceso se lleva a cabo en dos etapas:

- a) En la primera parte del condensador, se le quita el sobrecalentamiento al gas caliente para llevarlo a la condición de vapor saturado.
- b) En la segunda sección del condensador se lleva a cabo la condensación del refrigerante.



FIG. 3.4 Serpentín Condensador.

## DISPOSITIVO DE EXPANSION

El dispositivo de expansión es generalmente una válvula que puede ser manual, automática o de expansión térmica. Este componente realizará las siguientes funciones:

- a) Al llegar el refrigerante del condensador, éste es un líquido a alta presión y el dispositivo de expansión es el elemento que se encarga de bajar bruscamente la presión y llevarlo a condiciones muy cercanas a las de evaporación.
- b) Dosifica la entrada del refrigerante al evaporador.

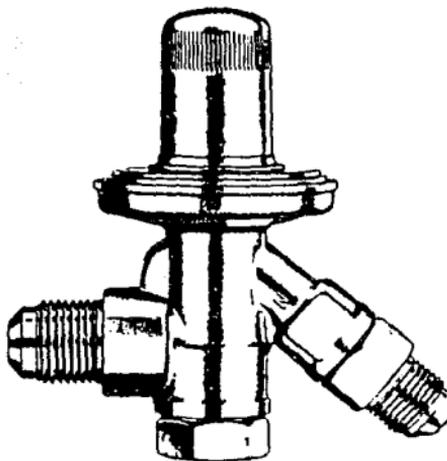


FIG. 3.5 Válvula de Expansión.

#### EVAPORADOR

El evaporador es el dispositivo en donde el aire o la sustancia que está en contacto con éste se enfría. El evaporador tiene las siguientes funciones:

- a) Evapora el líquido refrigerante.
- b) Sobrecalienta el gas refrigerante para asegurar que el compresor succione únicamente gas.

Como se estableció en la clasificación general de los equipos de aire acondicionado existen equipos que operan con dispositivos de agua helada.

Este dispositivo, al igual que los de agua caliente o vapor funcionan a base de un serpentín por donde se hace circular el aire que será introducido a un local. En éste momento, el aire adquirirá o cederá temperatura en relación al fluido que este circulando por el serpentín.

Los equipos que operan con éste dispositivo se estudiarán con mayor profundidad en el capítulo siguiente.

En aplicaciones hospitalarias la selección de los equipos también dependerá del tipo de zona que se desea acondicionar de acuerdo a la especialidad médica o número de personas prevista en las zonas comunes (salas de espera y corredores).

### 3.3 DUCTOS

Los sistemas de ductería son el medio de distribución del aire acondicionado para inyectarlo o sustraerlo de los locales, pudiendo ser de forma rectangular o redonda.

La cantidad de aire que debe ser suministrada en un local, se obtiene en relación al resultado de la carga térmica (BTU/hr) y a la diferencia de temperaturas entre el aire del exterior y la temperatura del local de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$Q = (C_p) (m) (T)$$

sustituyendo variables:

$$\text{BTU/hr} = (C_p) (CFM) (T)$$

despejando tendremos que:

$$CFM = \frac{\text{BTU/hr}}{C_p (T)}$$

donde:

CFM = ft<sup>3</sup>/min introducidos al local

$T = \text{Diferencia de temperaturas} = T_{\text{exterior}} - T_{\text{interior}}$

$C_p = \text{Calor específico del aire} = 1.09$

Para obtener el valor de  $C_p$ , se ha tomado en cuenta que  $13.34 \text{ ft}^3/\text{lb}$  es el volumen de una lb de aire en condiciones estándar a  $70^\circ\text{F}$  y  $29.92 \text{ in/Hg}$

El sistema de ductería en cualquier proyecto de aire acondicionado debe ser capaz de introducir al local la cantidad de aire correcta, teniendo en cuenta que la velocidad del aire en un conducto debe ser suficiente para distribuirlo uniformemente en la habitación acondicionada. Las velocidades excesivas dan lugar a pérdidas por rozamiento, corrientes desagradables para las personas y ruidos indeseables en los conductos.

El flujo de aire en los conductos relaciona los siguientes conceptos:

a) Presión estática

Es la presión detectada en cualquier dirección del conducto, por tal motivo puede leerse directamente con un manómetro columna de agua.

b) Presión dinámica

Es la requerida para producir la velocidad de circulación dentro del ducto y por tal motivo es generada en la misma dirección del flujo.

c) Pérdidas por rozamiento

Es la resistencia que opone el rozamiento a la conservación de la presión del aire en un conducto recto, depende de factores tales como la rugosidad de la superficie, del tipo de unión y de la calidad de la mano de obra en la ejecución del montaje.

d) Pérdidas dinámicas

Las pérdidas dinámicas o por choque detectadas en los conductos

pueden dividirse en dos grupos:

1. Pérdidas debidas a cambios de dirección tales como codos o tes. Para calcular las pérdidas en los codos, se toma como principio el representar pérdidas equivalentes en un componente similar recto de longitud "L".

2. Pérdidas debidas a la variación en el área de la sección transversal. Los cambios en la sección transversal pueden ser convergentes o divergentes. Los primeros se refieren a una reducción en donde las pérdidas pueden ser despreciables en ángulos de convergencia no mayores a  $60^{\circ}$ . Los divergentes se refieren a pérdidas en donde se encuentran ensanchamientos bruscos o grandes. En proyectos de ductería en donde se requieran aumentos en la sección transversal se recomienda que el ángulo de divergencia no sea mayor a  $20^{\circ}$ .

Es recomendable que cuando sea necesario efectuar modificaciones en la sección transversal de los conductos éstas se efectúen en forma gradual. Todas las pérdidas encontradas en un recorrido de ductería se suman para obtener la pérdida de presión total del sistema.

El criterio para diseñar cualquier sistema de ductería desde la descarga de ventilador hasta la rejilla de inyección de aire más alejada, así como la rejilla de retorno hasta la succión del ventilador deben diseñarse dentro de los límites aceptables de espacio, nivel de ruido, ganancia o pérdida de calor y costo. Para ello el diseño y selección de los conductos debe considerar las siguientes recomendaciones:

a) Los ductos deben ser instalados en lo posible, con la ruta más directa al local que se desea acondicionar.

- b) Los cambios de dirección y reducciones en la sección transversal pronunciados deben evitarse.
- c) Si los conductos son rectangulares, no deben ser muy aplanados y deben tender a la forma cúbica en lo posible.

Sin descuidar los puntos anteriores, el procedimiento de cálculo puede efectuarse de la siguiente manera:

1. A partir de la carga térmica, se determinan las cantidades de aire de suministro para cada salida, ramal o zona, con el fin de absorber las ganancias de calor en todas las secciones del espacio acondicionado.
2. Proyectar una ruta para obtener una distribución adecuada.
3. Seleccionar el área transversal de los conductos por uno de los métodos siguientes:
  - a) Método por presión constante o fricciones iguales.

El empleo de éste método implica que el dimensionado del conducto debe efectuarse de manera que las pérdidas de presión por ft de longitud sean constantes.

Cuando se utiliza éste método, se supone la velocidad del aire a la salida del ventilador. Con ésta velocidad se calcula la pérdida de presión que se desea constante en el resto del sistema.

Es de gran ayuda tratar de obtener ramales simétricos en donde el control del flujo se lleva a cabo con la ayuda de compuertas.

- b) Método de balance de la pérdida de presión

A diferencia del método anterior, éste indica que se deben diseñar conductos en donde cada ramal tenga la misma pérdida de presión del ventilador. Esto ocasiona una dependencia mínima de las compuertas.

Resulta conveniente indicar que éstos métodos no son los únicos pero si los más usados. Ambos métodos son los más confiables, por tanto el calculista deberá elegir en el que se sienta más seguro.

4. El ventilador seleccionado, debe sobredimensionarse con el fin de considerar posibles fugas (10%) del sistema y de la inevitable transferencia de calor del aire en el conducto al pasar por espacios no acondicionados.

### 3.4 CONTROLES

Los dispositivos de control son de suma importancia para el buen funcionamiento de un sistema de aire acondicionado ya que son éstos los encargados de mantener éste dentro de los parámetros de diseño.

Cualquier dispositivo de control se elige considerando la finalidad, rango de operación y diferencial que se desea dar al sistema.

En aplicaciones hospitalarias en donde se considera el mismo criterio que el utilizado para confort, se permite una variación en la temperatura de  $\pm 3^{\circ}\text{F}$  de bulbo seco y para la humedad relativa de  $\pm 5\%$ .

Cuando la variable a controlar es la temperatura el instrumento de control que se utiliza se llama termostato. La instalación de éste elemento puede ser en la habitación o dentro del conducto.

Los humidistatos y presostatos son los instrumentos de control utilizados para controlar la humedad y la presión respectivamente.

Básicamente los elementos de un sistema de control son los siguientes:

- a) Elemento sensor (termostatos, humidostatos o presostatos)
- b) Organo de mando
- c) Dispositivos gobernados

El elemento sensor es el componente que se encargará de regular la variable a controlar mandando una señal al órgano de mando el cual a su vez posicionará un dispositivo gobernado.

Los dispositivos gobernados o de control son básicamente válvulas y compuertas.

Los modos de acción dentro de los sistemas de control pueden dividirse en dos grande grupos:

- a) Sistemas de dos posiciones
- b) Sistemas proporcionales

Los controles de dos posiciones cuentan con el principio de un interruptor IP2T (prendido - apagado) el cual acciona le órgano de mando de acuerdo a un punto de ajuste previamente establecido y sin accionar en algún punto intermedio. Los sistemas proporcionales, toman acciones correctivas en forma análoga a lo detectado por el elemento sensor.

En la actualidad los tipos de sistemas de control los podemos dividir en eléctricos, neumáticos, electrónicos o digitales. El tipo de suministro de energía es el parámetro indicativo para determinar el tipo de sistema con el que se cuenta.

En México, los sistemas de control que se utilizan comunmente en aplicaciones hospitalarias son de tipo eléctrico para las áreas comunes y de tipo electrónico o neumático para zonas especiales o quirófanos.

### 3.5 HUMIDIFICADORES

La humedad relativa es la medida más comunmente usada para indicar la cantidad de vapor de agua existente en el ambiente. Esta cantidad se indica en forma de porcentaje.

El proceso de humidificación, es controlar la cantidad de vapor de agua que se desea adicionar al aire que será introducido a un local.

De acuerdo con la subjetividad del confort ambiental humedades relativas entre el 35 y 55% con una temperatura de bulbo seco de al rededor de 70°F se reduce la irritación nasal y se percibe una sensación de confort

El controlar la humedad relativa en aplicaciones hospitalarias es de suma importancia ya que se considera que gérmenes como neumococos, estafilococos y estreptococos mueren 20 veces más rápido a humedades relativas entre 45 y 55% que humedades relativas arriba del 70 o menores del 20%.

En forma general, los humidificadores se clasifican de la siguiente manera;

- a) Humidificadores de tubo de dispersión o rejilla
- b) De resistencia eléctrica
- c) Por atomización de agua

Los primeros son procesos en los cuales el vapor de agua es descargado directamente en el aire que va a ser humidificado. La figura siguiente ilustra el proceso de humidificación el cual se considera isotérmico (temperatura de bulbo seco constante).

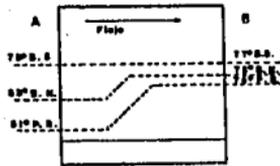


FIG. 3.6 Humidificador de Tubo de Dispersión o Rejilla.

Los humidificadores de resistencia eléctrica constan de una tina y un elemento resistivo el cual se encarga de evaporar el agua que será introducida a la tina. El flujo de aire sobre la tina absorbe en éste momento el vapor de agua. Este es un proceso casi isotérmico ya que se percibe un ligero incremento en la temperatura de bulbo seco.

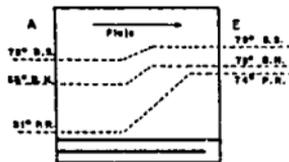


FIG. 3.7 Humidificador de Resistencia Eléctrica.

El proceso de atomización de agua, es en donde la humidificación se obtiene por medio de un dispositivo que suministra agua pulverizada al sistema. Este procedimiento reduce el calor sensible del aire por lo que se requiere instalar fuentes de calor adicionales para compensar dicha baja.

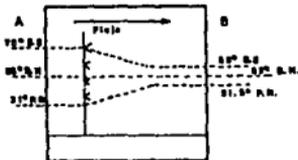


FIG. 3.8 Humidificador de Atomización de Agua.

Los sistemas de humidificación se calculan en base a los requerimientos solicitados por el usuario en relación a las condiciones exteriores de la localidad. La selección del tipo de humidificador dependerá también de la estructura del edificio por acondicionar.

Como ejemplo, tenemos que para la instalación del sistema de humidificadores si se cuenta con una línea de vapor se podrá utilizar el de tubo de dispersión.

En aplicaciones hospitalarias es común la instalación de los de este tipo ya que es fácil encontrar líneas de vapor utilizadas para otros servicios tales como cocinas o lavandería.

### 3.6 VALVULAS Y COMPUERTAS

La válvula es el elemento que se encarga de regular el paso del fluido que será utilizado como agente de transferencia de calor (agua caliente o fría, o vapor) a través del equipo de aire acondicionado.

El cuerpo de la válvula cuenta con un orificio variable (obturador),

el cual se posicionará de acuerdo a lo indicado por el dispositivo de control.

Las válvulas pueden ser de dos o de tres vías. En las primeras encontramos un puerto de entrada y otro de salida. En las de tres vías encontramos además un puerto común.

La utilización de alguna de éstas, dependerá del arreglo de tubería que se diseñe por proyecto.

El propósito de instalar compuertas en la inyección, retorno y desfogue en un sistema de aire acondicionado es el regular el flujo de aire que será introducido al local.

Existen compuertas diseñadas para algún sistema de control específico. Las de aletas opuestas se utilizan en sistemas proporcionales y las de aletas paralelas son utilizadas con controles de dos posiciones.

En forma general, todo sistema de aire acondicionado cuenta para su buen funcionamiento con alguno de éstos elementos.

### 3.7 FILTROS

Los filtros son dispositivos utilizados para proporcionar cierta pureza al aire que se desea introducir a nuestro local.

La capacidad que un filtro posee para retener a contaminantes con determinadas características es el factor que determina su eficiencia.

En base a lo anterior, se presenta la siguiente clasificación de acuerdo a sus funciones:

a) Retención de polvo

Este tipo de filtro, se divide a su vez en filtros absolutos (dependiendo del fabricante cuentan con una eficiencia del 99.998 %), filtros de bolsa de diferentes capacidades y que deben ser siempre instalados como prefiltros de los absolutos y filtros de malla metálica que a su vez se utilizan como prefiltro de los de bolsa.

b) Filtros para matar olores

La función de éste, es eliminar los aromas indeseables que puede contener el aire que se va a introducir a un local.

Una buena selección del sistema de filtración es de suma importancia en sistemas que introducirán aire al bloque tocoquirúrgico de un hospital o centro de salud.

#### 4. SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO

El presente capítulo, tiene por objeto estudiar los sistemas de aire acondicionado más comunes en cuanto a características, ventajas y componentes además de hacer mención del tipo de control con el cual operan.

Se hará referencia a las aplicaciones que cada sistema puede ofrecer en diseños de aire acondicionado para centros hospitalarios.

##### 4.1 INTRODUCCION A LOS SISTEMAS DE AIRE

De acuerdo con el crecimiento y progreso de las técnicas en aire acondicionado, es necesario implementar equipos y sistemas que proporcionen las condiciones deseadas en un local. Estos sistemas se clasifican en forma general en dos grandes grupos:

a) Sistemas de volumen constante

1. control por refrigeración
2. control por compuertas de desvío
3. control por recalentamiento
4. control por multizona

b) Sistemas de volumen variable

La diferencia básica entre los sistemas mencionados es el concepto de conservación de la energía. Los sistemas de volumen variable son más eficientes en la conservación de energía ya que interrelacionan una reducción en el caballaje del ventilador con una reducción en la carga del equipo de enfriamiento.

Cada uno de estos sistemas puede ser diseñado para dar servicio a una zona (con una carga térmica definida) el cual será denominado "unizona" y en donde comunmente encontramos control de refrigeración prendido - apagado, control por compuertas de desvío y control por recalentamiento.

Cuando el sistema es diseñado para satisfacer a varias

zonas a la vez (todas con una carga térmica diferente) los sistemas serán llamados "multizona", en los cuales generalmente encontramos control por recalentamiento.

Los sistemas unizona son aquellos en donde los dispositivos de calentamiento o enfriamiento se encuentran en serie con el flujo, utilizando un ducto común de distribución para el funcionamiento de todo el aparato.

La siguiente figura muestra la localización de los componentes que conforman éste tipo de sistemas.

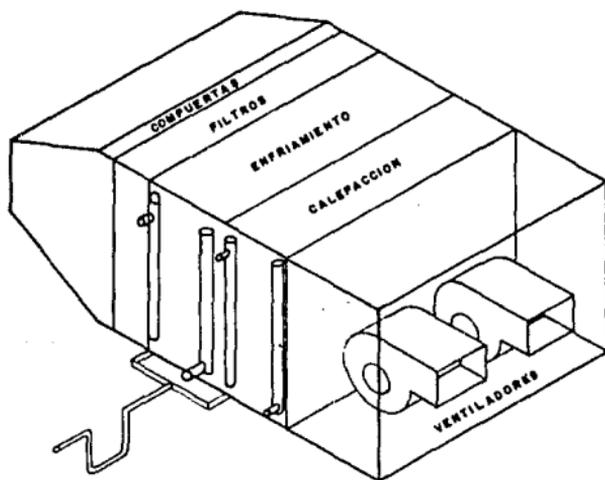


FIG. 4.1 Equipo Unizona.

Este tipo de unidades, deben ser capaces de mantener la temperatura y la humedad bajo tolerancias muy reducidas conforme a lo detectado en el sistema de control.

Los proyectos y diseños de gran tamaño, se denominan equipo centralizado. Si las unidades son individuales y de menor capacidad son denominadas equipos o unidades paquete. La instalación de varias unidades de éste tipo permite mantener una gran variedad de condiciones ambientales dentro de parámetro aceptables.

Las aplicaciones típicas de éste tipo de sistemas son en tiendas de departamento, salones individuales y centros de cómputo.

#### 4.2 SISTEMAS DE VOLUMEN CONSTANTE

Los sistemas de volumen constante, son aquellos en donde el aire que se desea introducir a un local es continuo e invariable. Este tipo de sistemas usa equipos unizona o multi-zona.

Las ventajas más importantes dentro de los sistemas de volumen constante son los siguientes:

- a) Son de fácil diseño, instalación y operación
- b) La simplicidad en el diseño y los pocos requerimientos en la instalación originan un bajo costo inicial.
- c) Operación económica y muy versátil.

Para el adecuado funcionamiento de éstos, se utilizan mecanismos de control que regulan su funcionamiento y proporcionan versatilidad de operación. Los más usuales son los siguientes:

##### 1. Control por refrigeración

Los equipos o dispositivos de refrigeración pueden ser del tipo de expansión directa (aplicación del ciclo de refrigeración) o de agua helada. En aplicaciones de refrigeración (verano) el control aplicado a este tipo de equipos puede ser una válvula solenoide, un compresor de etapas

o una válvula de control que regule el paso de agua helada a través del serpentín.

También es posible controlar el movimiento de las compuertas del aire de retorno con las del aire del exterior para proporcionar refrigeración con la simple inyección del aire del exterior.

Cuando las condiciones de diseño requieran de calefacción (invierno - verano) es posible instalar un precalentador a la entrada del aire del exterior.

El siguiente esquema muestra el arreglo típico de los componentes que conforman éste tipo de sistemas.

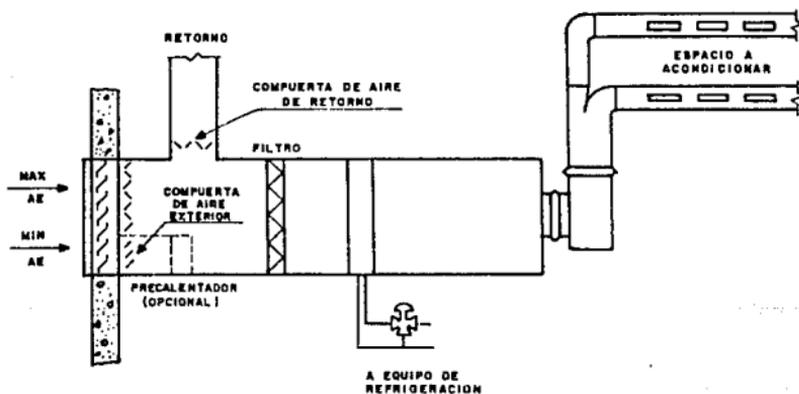


FIG. 4.2 Control de Refrigeración.

## 2. Control por compuertas de desvío

Esta variante, implica la utilización de una conexión de ductería entre el aire de retorno y la toma del aire del exterior con el fin de ocasionar un desvío al sistema de refrigeración.

El uso de éste sistema origina que a ciertas condiciones las compuertas que suministran aire al serpentín se encuentren cerradas y para acondicionar la habitación estemos ocupando la mayor parte de aire de retorno. En éste momento, el aire de retorno se considera a una temperatura más estable que la del aire exterior. Por tal motivo resulta más económica su operación ya que se reduce la carga del equipo de enfriamiento.

El siguiente diagrama muestra con mayor claridad la operación y colocación de las compuertas de desvío.

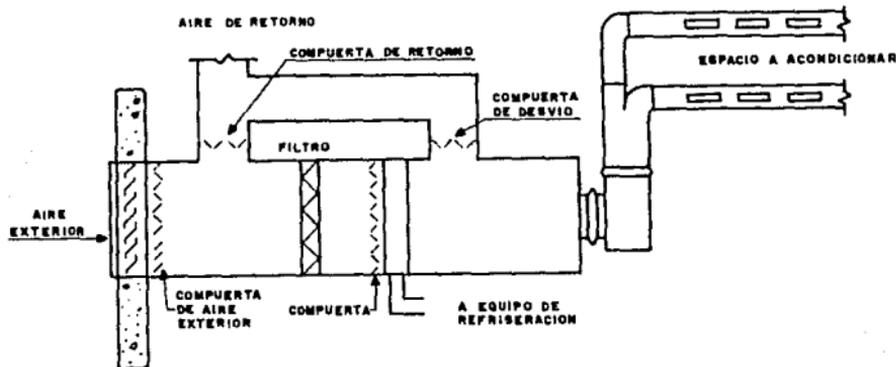


FIG. 4.3 Control por Compuertas de Desvío.

### 3. Control por calentamiento

El mejor sistema para controlar tanto la humedad como la temperatura en un espacio determinado puede ser obtenido por medio de un sistema de recalentamiento.

Como el propio nombre lo indica, el recalentamiento es un proceso secundario aplicado a un aire ya con ciertas características de humedad y temperatura. Esto implica que puede usarse para proporcionar control a zonas con una carga térmica variable.

Los medios que pueden proporcionar el recalentamiento son serpentines de agua caliente, vapor o bancos de resistencias eléctricas.

Cuando un control de la humedad es deseado, la instalación de un humidificador es fácilmente aplicable a éste tipo de sistema mediante el control de un humidostato.

Este tipo de sistemas se aplica comunmente en hospitales, laboratorios, despachos de oficina o zonas en donde se presentan continuos cambios ambientales.

La representación esquemática de éste sistema es el siguiente:

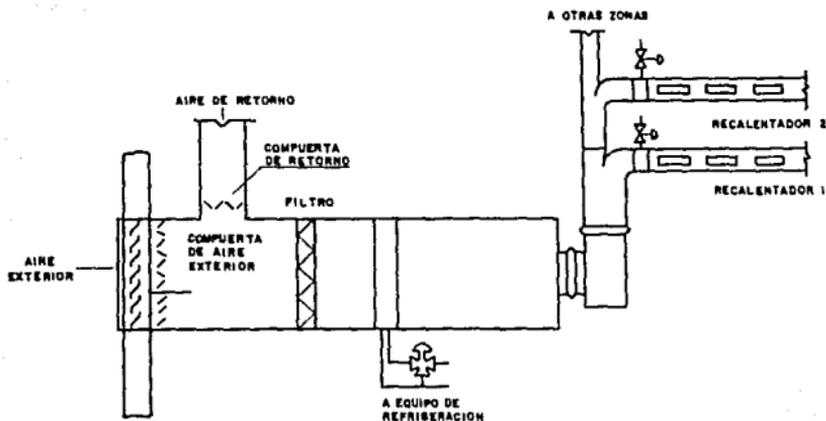


FIG. 4.4 Control por Recalentamiento.

#### 4. Control por multizona

Los sistemas de multizona normalmente son proporcionados de fábrica un una sola unidad centralizada pero también pueden ser armas en compo utilizando componetes por separado.

Los equipos multizona a diferencia de los unizona tienen el serpentín de calefacción colocado en forma paralela al de enfriamiento.

En general los equipos multizona están constituidos por los siguientes componentes:

- a) caja de mezcla
- b) serpentín de calefacción y enfriamiento
- c) compuertas

La figura siguiente muestra la localización de los componentes que conforman éste tipo de equipos:

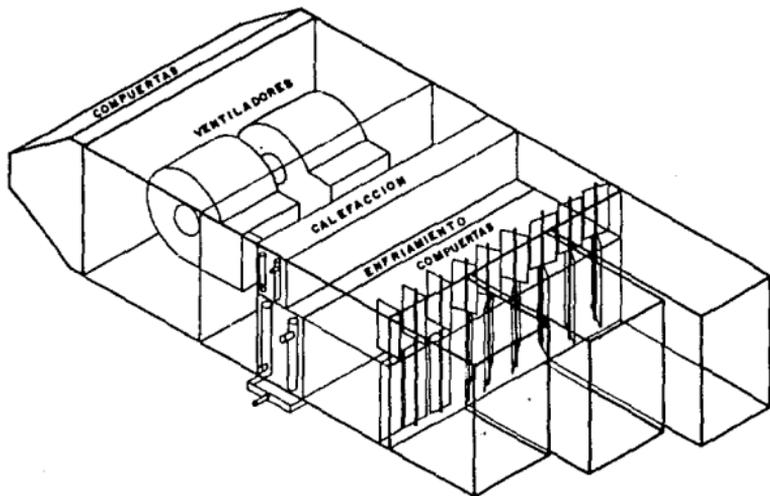


FIG. 4.5 Equipo Multizona.

Como se observa en la figura, el serpentín de calefacción siempre será colocado en la parte superior de la unidad multizona debido a que el aire caliente tiende a subir y de ésta forma se asegura que la mayor parte de éste pase a través del serpentín.

El accionamiento de las compuertas es comunmente controlado por un termostato proporcional de cuarto el cual posicionará éstas en relación a los requerimientos de cada zona. Es decir, éste sistema permite controlar simultáneamente calefacción para unas áreas y enfriamiento en otras.

La representación esquemática de los sistemas multizona es la siguiente:

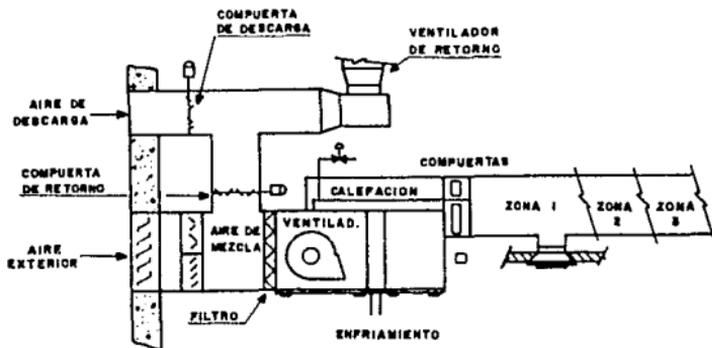


FIG. 4.6 Control por Multizona.

Los sistemas de éste tipo son recomendados cuando se presenten las siguientes condiciones:

- el área consiste de varias zonas controladas en forma independiente
- el área cuenta con zonas que requieran abatir cargas térmicas en forma independiente
- el área cuenta con varios espacios interiores y relativamente pocos espacios exteriores.

Este tipo de sistemas por su gran versatilidad se eligen para acondicionar salas de espera o servicios que por su localización dentro del hospital tengan una carga térmica variable.

#### 4.3 SISTEMAS CON 100 % AIRE DEL EXTERIOR

Este tipo de sistemas, son generalmente de volumen constante y en donde el aire es inyectado utilizando equipos unizona.

Estos, son de particular importancia en el desarrollo de éste trabajo ya que son utilizados para acondicionar salas de operaciones, cuartos de laboratorio o locales en donde sea necesario prevenir la recirculación de gérmenes o sustancias tóxicas.

La simplicidad en su diseño, facilita la selección de una gran variedad de equipos, así como bancos filtrantes o dispositivos de humidificación.

Uno de los equipos característicos son las unidades de enfriamiento evaporativo denominadas también "lavadoras de aire".

Otro de los equipos que opera con 100% del aire del exterior, lo representan las unidades serpentín - ventilador (fan & coil) que se aplican comunmente en áreas independientes como por ejemplo las habitaciones de un hotel.

Por recomendación de las normas del IMSS para acondicionamiento de unidades hospitalarias los equipos que se utilizan en áreas del bloque tóxico quirúrgico son del tipo unizona (de expansión directa o serpentín) utilizando sistemas con 100% aire del exterior.

## 5. APLICACIONES DE AIRE ACONDICIONADO EN HOSPITALES DE TERCER NIVEL

Dentro del diseño de sistemas de aire acondicionado en aplicaciones hospitalarias, se eligió el tema de hospitales de tercer nivel por ser el centro de atención médica más completo y por tal motivo presenta un mayor número de componentes y requerimientos el sistema de acondicionamiento que les de servicio.

### 5.1 ASPECTOS GENERALES

Como se mencionó al inicio de éste trabajo los centros de salud y atención médica se dividen en tres grandes grupos:

- a) Hospitales de 1<sup>er</sup> nivel
- b) Hospitales de 2<sup>do</sup> nivel
- c) Hospitales de 3<sup>er</sup> nivel

En los primeros, el paciente recibe la primera atención por parte de un médico general.

Se cuenta con servicios de medicina familiar, en donde se atienden programas de vacunación y métodos de planificación familiar además de los servicios de medicina interna, ginecología, pediatría y cirugía menor, laboratorio, banco de sangre, enfermería, urgencias y farmacia.

Como ejemplo de este tipo de centros, se encuentran las clínicas de campo y las unidades médico rurales.

En los hospitales de segundo nivel, se presta atención médica de todo lo anterior además de los servicios de consulta externa y hospitalización. Se cuenta con el bloque tocoquirúrgico formado por las siguientes áreas:

1. Area blanca
2. Vestidor
3. Quirófano

4. Area gris
5. Recuperación
6. Central de equipos y esterilización (CEYE)

Los quirófanos tienen capacidad de atender necesidades de los servicios de Urología, Neurología, Ortopedia, Traumatología, Maxilofacial y Cirugía reconstructiva.

En medicina interna se encuentran los servicios de Cardiología, Neurología, Endócrino, Gastro y Neumología, Unidades de terapia y cuidados intensivos, Servicios de Pediatría con cuñero patológico y fisiológico además de un servicio de Anatomía patológica y enseñanza.

Dentro de éste tipo de unidades médicas se encuentran las clínicas, hospitales de zona y hospitales regionales.

Dentro de los hospitales de tercer nivel además de los servicios mencionados dentro de los hospitales anteriores, se encuentran quirófanos para efectuar cirugía de alto riesgo como los servicios de cirugía Cardiovascular, Oncología y Neurología.

Se cuenta también con Laboratorio experimenta, Medicina nuclear y Bioterio.

En éste conjunto entran los hospitales de especialidades e Institutos.

La aplicación del aire acondicionado en hospitales presenta consideraciones similares al confort. Las consideraciones para ésta actividad son las siguientes:

- a) Las restricciones del movimiento del aire se efectúan por departamento, zona o especialidad.
- b) Se requiere de filtración especializada para proporcionar una calidad de aire adecuada.
- c) Control preciso en las condiciones de humedad y temperatura.

### 5.1.1 MOVIMIENTO DEL AIRE

El balancear un sistema de aire acondicionado dosificando la cantidad de aire inyectado o extraído, origina un diferencial de presión de una zona en relación a la otra. Este procedimiento representa el método más efectivo para controlar el movimiento del aire.

En áreas altamente contaminadas, se debe mantener una presión negativa en relación a zonas circunvecinas e incluso el corredor. Como ejemplo de éstas, encontramos las salas de autopsias o sanitarios. Esta condición se obtiene inyectando menos aire del que se extrae.

En salas de operaciones, ocurre un efecto contrario ya que en éste lugar se trata de mantener una presión positiva. Para obtener la cantidad de aire necesaria para lograr los gradientes de presión requeridos en una zona se utilizan rejillas con control de volumen.

En forma general se recomienda que cuando se trate de controlar con mayor efectividad el movimiento del aire la inyección de éste debe efectuarse por el techo o en su defecto en las partes más altas del local y al mismo tiempo se debe procurar instalar las extracciones en las partes más bajas y opuestas al mismo.

Este requisito, ayuda a producir una corriente de aire limpio y mantenerlo así a la altura de las zonas de trabajo.

### 5.1.2 CALIDAD DEL AIRE

Estableciendo que un paciente es susceptible de infección en mayor grado que una persona sana, es de indudable importancia proporcionar cierta calidad al aire que se requiere suministrar en las distintas zonas que conforman un hospital.

La calidad del aire se mide en relación a la cantidad de microorganismos y bacterias que flotan y que son acarreadas por el aire de suministro.

La siguiente tabla muestra la cantidad de bacterias que son detectadas en las diferentes zonas de un hospital:

AREA	PROMEDIO	RANGO
Unidad de enfermería		
corredores	24	6-80
hospitalización	25	10-51
Laboratorio hematológico	16	9-24
Bloque tocoquirúrgico		
corredores	26	4-130
quirófano	10	1-80

La tabla anterior ésta medida en cantidades de bacteria por  $\text{cm}^3$  de aire.

Un factor importante para mantener la calidad de aire adecuada es la capacidad de la media filtrante seleccionada para el sistema de aire acondicionado incluyendo su correcta instalación.

Las siguientes recomendaciones se aplican a la selección y corecta instalación de los medios filtrantes:

1. Filtros con una eficiencia del 99.97% deben ser instalados en sistemas que suministren aire a zonas en donde se encuentren pacientes con tratamiento clínico de alta suceptibilidad a infección. En éste punto se encuentran pacientes con leucemia o con quemaduras de tercer grado.
2. Filtros con una eficiencia del 95% son instalados en sistemas que suministren aire a quirófanos, obstreticia y cuidados intensivos.
3. Los filtros con una capacidad media de al rededor del 80% son suficientes para los requerimientos de recirculación e inyección a zonas de hospitalización.

A los filtros de los puntos 1 y 2 se les conoce como absolutos y a las últimos como filtros de bolsa.

Para una correcta instalación del sistema de filtros se debe instalar filtros metálicos lavables como medio pre-filtrante de uno de bolsa y éste a su vez como prefiltro de un absoluto.

Los filtros metálicos, son suficientes para cubrir los requerimientos en las áreas comunes de un hospital. Como ejemplo tenemos las salas de espera de cada servicio.

Se recomienda la instalación de un interruptor de presión diferencial que supervise los gradientes a través del medio filtrante y así poder determinar la necesidad de sustituirlo.

### 5.1.3 CONTROL DE LA TEMPERATURA Y HUMEDAD

Un aspecto importante dentro del diseño del sistema de aire acondicionado en unidades médicas, es el control adecuado de la temperatura de bulbo seco y humedad relativa.

Por ejemplo, en hospitales de tercer nivel donde se realizan algún tipo de intervención quirúrgica especializada, se deben mantener condiciones tales que el cirujano pueda operar en forma más confortable.

En éste punto resulta conveniente definir el concepto de temperatura efectiva que es el índice que expresa el efecto compuesto de la temperatura de bulbo seco, humedad relativa y movimiento del aire sobre el cuerpo humano.

La siguiente figura muestra la gráfica de confort en donde se indican las condiciones del aire que rodea a un determinado porcentaje de personas con la temperatura efectiva que puede tener ese mismo porcentaje para una velocidad de aire de 15 a 25 ft/min.

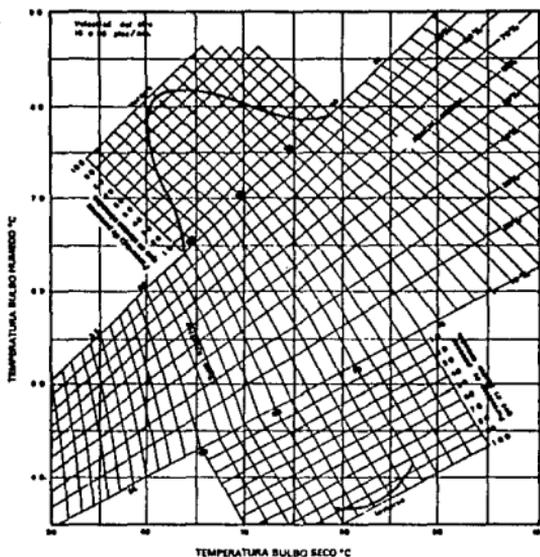


FIG. 5.1 Gráfica de Confort.

Para diseños en unidades médicas se recomienda que las condiciones de confort para verano sean de 75<sup>o</sup> F de temperatura de bulbo seco y 50% de humedad relativa lo que corresponde a una temperatura efectiva de 79<sup>o</sup> F.

En todos los casos de acondicionamiento para confort se permite una variación en la temperatura de  $\pm 3.6^{\circ}\text{F}$  y de  $\pm 5\%$  en la humedad relativa.

## 5.2 DETERMINACION DE LA CARGA TERMICA

El objetivo de ésta sección, es presentar una guía práctica para la determinación de la carga térmica. El valor que se obtiene como resultado de éste cálculo, permitirá la adecuada selección del equipo que se utilizará para acondicionar nuestro local.

En general, para la elaboración del proyecto de aire acondicionado en edificios o locales donde se requiere confort, se toman en cuenta las normas y recomendaciones de las agrupaciones y sociedades nacionales o internacionales dedicadas al aire acondicionado. Las principales son las siguientes:

AMICA ( Asociación Mexicana de Ingerieros en Calefacción y Aire Acondicionado )

ASHRAE ( American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers )

Debido a que en aplicaciones hospitalarias se considera el confort, utilizaremos las normas mencionadas como guía para determinar la carga térmica y así, desarrollar el sistema de aire acondicionado en unidades médicas.

En México, contamos también con las Normas de Diseño de Ingeniería que desarrolla el IMSS ( Instituto Mexicano del Seguro Social ) con el fin de proporcionar los lineamientos y criterios institucionales para el desarrollo de sistemas de aire acondicionado en unidades médicas y no médicas pertenecientes al Instituto.

El diseño de aire acondicionado para unidades médicas fuera del IMSS generalmente sigue estas mismas normas.

El cálculo de carga térmica, se basa en las ganancias de calor que un edificio o local puede tener durante el verano. La ganancia de calor es afectada por los siguientes factores físicos:

- a. Localización o zona geográfica.
- b. Orientación del edificio.
- c. Uso o destinación del edificio.
- d. Materiales de construcción y fachadas arquitectónicas.

El calculista de aire acondicionado, debe contar con el juego completo de planos de construcción. Estos le proporcionarán la información sobre el tipo de muro, techumbre o plafón, cristales y orientación. Se deben hacer al propietario todas las preguntas que ayuden a la realización del proyecto. El cálculo de carga térmica debe efectuarse en base a ésta información.

### 5.2.1 CARGA DE ENFRIAMIENTO ( VERANO )

La ganancia de calor es el valor que determina la carga de enfriamiento y queda definida como la cantidad en BTU/hr que los componentes de un edificio pueden presentar.

Las ganancias de calor que un local o edificio presentan durante el verano son las siguientes:

a. Ganancia de calor por transmisión.

Al presentarse una diferencia de temperaturas entre el medio ambiente y el local a acondicionar o entre éste y un local no acondicionado, se establece un flujo de calor del medio caliente al medio menos caliente. La cantidad de calor transmitida por unidad de tiempo es inversamente proporcional a la resistencia térmica que presente el cuerpo que separa los dos medios considerados. Es decir:

$$Q = \frac{(A)(\Delta T)}{R} = (A)(U)(\Delta T)$$

donde:

Q = cantidad de calor transmitida en BTU/hr

A = área transversal al flujo de calor en ft<sup>2</sup>

U = 1/R = factor de conducción del material en  
( BTU/hr ) / ( ft<sup>2</sup> °F )

$\Delta T$  = diferencia de temperaturas entre los dos puntos °F

Los valores de U son tomados de las tablas que generalmente proporcionan los fabricantes de equipo de aire acondicionado.

b. Ganancia de calor por radiación.

Este tipo de carga se debe a la radiación solar que incide en el cuerpo a acondicionar y depende de la longitud geográfica, hora pico en que se presenta la mayor carga térmica orientación y fachada arquitectónica.

En relación al tipo de fachada arquitectónica se presentan dos casos:

1. radiación solar en vidrios.
2. radiación solar en techos y muros.

La primera, varía de acuerdo al color, sombreado y al área transversal de éste. Por lo anterior, la ganancia de calor en vidrios es directamente proporcional a la superficie del vidrio expuesta. Es decir:

$$Q = (R)(A)$$

donde:

Q = cantidad de calor por BTU/hr

R = cantidad de calor radiado en ( BTU/hr )/ft<sup>2</sup>

A = área de vidrio expuesta en ft<sup>2</sup>

La radiación solar en muros y techos se representa por la ecuación siguiente:

$$Q = (A)(U)(\Delta T_e)$$

donde:

Q = cantidad de calor en BTU/hr

A = área transversal al flujo de calor en ft<sup>2</sup>

U = factor de conducción del material en (BTU/hr)/(ft<sup>2</sup>°F)

$\Delta T_e$  = diferencia de temperaturas establecida por la temperatura del exterior y la radiación solar.

Esta diferencia toma en cuenta factores como son el tipo de construcción, localización del edificio, hora del día y condiciones de diseño. Estos valores se pueden localizar en tablas y manuales proporcionados por fabricantes de equipo o compañías relacionadas con el aire acondicionado

c. Ganancia de calor por infiltración y By Pass

La ganancia de calor por infiltración es debida al aire del exterior que penetra en el espacio acondicionado.

Las causas por las cuales penetra aire del exterior al espacio acondicionado son principalmente la velocidad del viento y el abatimiento de puertas exteriores.

La ganancia de calor debida al efecto de By Pass o derivación del aire se presenta durante el proceso de

enfriamiento y es ocasionado por el serpentín de la unidad manejadora. Este concepto se refiere a la porción de aire que si toca al serpentín el cual varía en relación a la velocidad del aire y al número de tubos o separación de las aletas del mismo. Por lo anterior el By Pass determina la eficiencia del serpentín la cual oscila entre un 90 y 80%.

d. Ganancia de calor por carga interna.

La ganancia de calor por carga interna se refiere a la que se establece en el interior del espacio acondicionado Este valor es determinado por elementos eléctricos tales como motores, equipos diversos y alumbrado.

Otro tipo de ganancia interna lo origina el número de personas que se estima tener en el local. Las personas generan una cantidad de calor variable afectada por el tipo de actividad que desarrollan.

### 5.2.2 Aplicación de la carta psicrométrica

Su aplicación muestra en forma gráfica los procesos que ocurren durante el acondicionamiento de un local.

Los valores que se representarán en la carta son los siguientes:

a. Factor de calor sensible (FHS)

El factor de calor sensible es el valor que representa la evolución del aire en el interior de un local y se obtiene por la razón del calor sensible (HS) del local acondicionado entre la suma del calor sensible y el calor latente (HL) del local.

Es decir:

$$FHS = \frac{HS}{HS + HL} = \frac{HS}{HT}$$

b. Factor de calor sensible total (FHST)

Este valor representa las condiciones del aire a la entrada del serpentín de enfriamiento y es dependiente de las cantidades del aire del exterior y retorno así como de sus temperaturas respectivas.

Se determina por el resultado de dividir el calor sensible total y el balance térmico de la instalación (incluye carga por aire exterior).

$$FHST = \frac{HST}{HST + HLT} = \frac{HST}{GTH}$$

c. Temperatura de punto de rocío.

La temperatura de punto de rocío es conocida como temperatura de ADP (Aparatus dew point) y es la intersección de la recta FHST y la curva de saturación de la carta psicrométrica.

d. Factor de By Pass (BF)

El factor de By Pass queda determinado por el segmento de recta entre el punto indicado por el valor de temperatura de ADP y el punto que determina las condiciones de inyección a un local acondicionado.

e. Volumen de aire de inyección

La cantidad de aire que debe ser inyectado a un local acondicionado queda determinado por la siguiente ecuación:

$$CFM_{iny} = \frac{HS}{0.244 \times 60 (T_{int} - T_{adp}) (1 - BF)}$$

donde:

HS = calor sensible del local acondicionado

0.244 = calor específico del aire

Ve = volumen específico del aire

Tint = temperatura del interior

Tadp = temperatura de ADP

BF = factor de Bay Pass

La figura siguiente muestra el diagrama psicrométrico de los procesos que ocurren durante el acondicionamiento de un local.

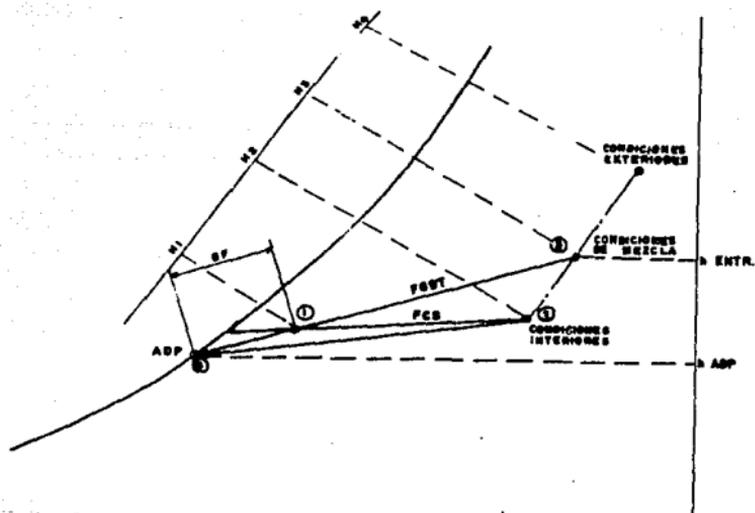


FIG. 5.2 Proceso de Enfriamiento de un Local.

### 5.2.3 CARGA DE CALEFACCION

En los casos en que la temperatura exterior se encuentra más baja que la de un local interior, se presenta una fluencia de calor hacia el exterior ( el calor fluye del medio más caliente al menos caliente), esto hace necesario compensar la pérdida de calor por transmisión. Para lograr esto, utilizamos sistemas de calefacción.

El cálculo de calefacción es más sencillo que el utilizado para enfriamiento durante el verano ya que se utilizan los mismos valores de resistencia térmica de los materiales y por tanto las pérdidas por transmisión se establecen por la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{(A)(\Delta T)}{R} = (A)(U)(\Delta T)$$

donde:

Q = pérdida de calor por transmisión

U = factor de conducción del material

$\Delta T$  = diferencia de temperaturas del medio interior y exterior

Una vez determinado éste valor, se tendrá que calcular las ganancias de calor internas del local y sustraer éste concepto del valor obtenido de la pérdida por transmisión.

Como se mencionó en el cálculo para enfriamiento la cantidad de aire exterior (CFM) queda determinada por el número de personas dentro del local acondicionado o cambios mínimos de volumen por hora de aire exterior que se requiera. Por tanto éste valor queda determinado de la siguiente manera:

$$\text{Ha.ext.} = \text{CFMext} \left( \frac{0.224 \times 60}{V_e} \right) (\text{Text} - \text{Tint})$$

donde:

Ha.ext. = calor del aire del exterior en BTU/hr

Para determinar la temperatura de inyección a nuestro local utilizaremos la siguiente fórmula:

$$T_{iny} = \frac{H_s}{CFM (0.244 \times 60)} (T_{int})$$

Ve

La ecuación indicada contiene dos variables ( $T_{iny}$  y CFM) por lo que normalmente se fija una de ellas para el cálculo exclusivo de calefacción. En el caso de requerir sistemas invierno - verano se utilizará el valor de CFM determinado por el balance térmico para verano.

Con los datos obtenidos de  $Q$  y  $T_{iny}$  el fabricante de equipo de calefacción seleccionará el que satisfaga nuestras necesidades.

Los medios de calefacción más comunes son en general serpentines de agua caliente o vapor, bancos de resistencia eléctrica y equipos de calefacción por gas.

El diagrama psicrométrico del proceso de calefacción es el siguiente:

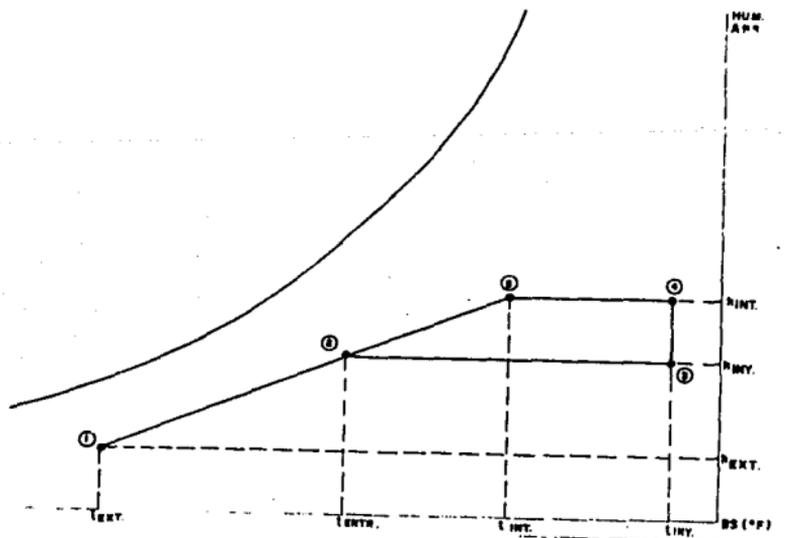


Fig. 5.3 Proceso de Calefacción en un Local.

### 5.3 SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO EN HOSPITALES DE TERCER NIVEL

Los sistemas de aire acondicionado varían de acuerdo al tamaño y diseño del edificio además del acomodo interno en relación al espacio por especialidad médica, condiciones climáticas externas y orientación.

Para poder clasificar el tipo de unidad médica, se debe basar principalmente en el tipo de servicio que éste ofrece y por tanto el sistema de aire acondicionado para un hospital de primer nivel puede ser similar al instalado a en uno de tercer nivel con la diferencia en el tamaño y número de zonas a satisfacer.

A continuación se estudiarán las recomendaciones que el IMSS propone para efectuar la selección de los equipos de aire acondicionado en un bloque tocoquirúrgico dentro de un hospital de tercer nivel.

#### 5.3.1 RECOMENDACIONES DE DISEÑO

Una de las principales características para considerar un hospital de tercer nivel es sin duda el tipo y complejidad de las intervenciones que ahí se practiquen.

Debido a que el área de quirófanos requiere de eliminar el mayor número de bacterias, su acondicionamiento se lleva a cabo por medio de aire tratado con filtros absolutos y un sistema de 100% aire del exterior.

Para asegurar la esterilidad del área blanca a la gris se crea un gradiente de presión conservando los siguientes valores:

Area blanca	- 20 %
Quirófanos	+ 10 %
Area gris	+ 5 %

El área de CEYE se acondiciona también con un filtro absoluto tomando en cuenta una presión positiva del 10% del área estéril (área blanca) con respecto al área sucia del local (área gris). El área estéril principia basicamente después de que salen las ropas del esterilizador.

El control de los gradientes de presión se efectúa por medio de los volúmenes de aire de extracción.

Es recomendable que en los quirófanos en donde se realiza cirugía de alto riesgo se diseñe un sistema de flujo laminar el cual proporcione un control adicional en la contaminación bacteriana. El flujo laminar se obtiene inyectando aire a baja velocidad evitando así turbulencias.

Se utiliza uno de los dos sistemas de flujo laminar el vertical o el horizontal en los que su nombre lo indica, el aire viaja en ese sentido. En ambos casos la extracción se realiza en el extremo opuesto a la inyección.

El tipo vertical, es más eficiente ya que el flujo de aire protege directamente al paciente.

Las condiciones de diseño para el área de quirófanos son de 68 a 76°F y una humedad relativa del 50%. También es recomendable la instalación de indicadores de temperatura, humedad y presión para conocer las condiciones del local.

En éste tipo de quirófanos la energía eléctrica va conectada al sistema de emergencia.

A continuación se presentará un caso práctico.

### 5.3.2. APLICACION

Con el advenimiento y progreso en las áreas de sistemas computacionales e informática, fabricantes de equipo y sociedades internacionales relacionadas con el aire acondicionado han desarrollado programas que efectúan el cálculo de carga térmica en forma mucho más rápida y precisa.

El empleo de programas computacionales diseñados específicamente para éste fin, debe considerarse como herramienta fundamental para cualquier calculista de aire acondicionado ya que la prontitud en la entrega de los cálculos puede influir en la desición del dueño para que éste elija al contratista que efectuará la obra.

Para efectuar el cálculo de carga térmica utilizando ésta herramienta es conveniente considerar los siguientes pasos:

1. contar con el programa específico de cálculo de carga térmica
2. trabajando con el plano en planta, se detectarán los espacios en que está dividido nuestro local a acondicionar
3. obtener del plano los datos del área de muros, cristales y techos de cada uno de los espacios en que está dividida nuestra zona. Es necesario considerar la orientación de cada uno de ellos.
4. obtener el valor de los coeficientes U para muros, cristales y techos (factores de conducción)
5. determinar el número de personas que se considera tener por espacio y el tipo de actividad que éstas desarrollen
6. determinar el tipo de alumbrado y número de éstas por espacio
7. alimentar el computador con la información de los puntos 3 a 6
8. elegir la ciudad en donde se va a efectuar el cálculo
9. solicitar al computador que efectúe los cálculos
10. imprimir resultados

La figura siguiente muestra en planta la localización y distribución de espacios de un bloque tocoquirúrgico en un hospital de tercer nivel ubicado en la ciudad de México.

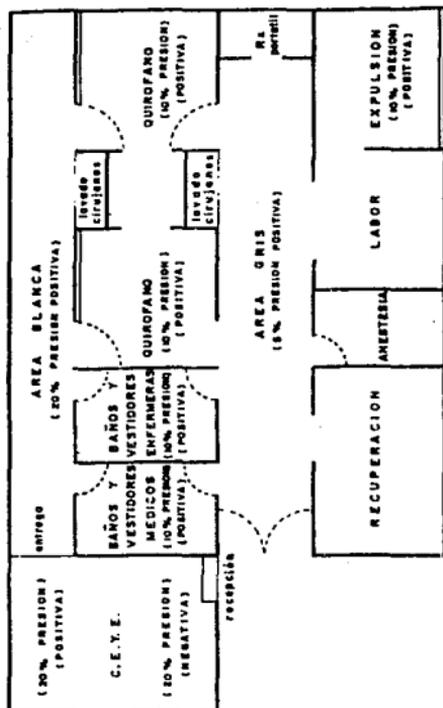


FIG. 5.4 Bloque Tocoquirúrgico.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Los datos con que se cuenta para iniciar el cálculo del balance térmico son los siguientes:

Localización	México, D.F.
Altitud	7340 ft
Latitud	19°25'
Orientación geográfica	Norte - Sur
Temperatura exterior verano	86°F BS / 62°F <sub>BH</sub>
Temperatura interior	75°F BS / 62.5°F <sub>BH</sub>

En relación con el plano mostrado, el área de tococirugía se deberá dividir en los siguientes espacio:

- zona 1 : CEYE
- zona 2 : área blanca
- zona 3 : baños y vestidores médicos
- zona 4 : baños y vestidores enfermeras
- zona 5 : quirófano 1
- zona 6 : quirófano 2
- zona 7 : área gris
- zona 8 : recuperación
- zona 9 : anestecia
- zona 10 : labor
- zona 11 : expulsión

#### Cálculo de áreas.

##### Ceye

muro	1.8	x	5	x	10.76	=	96.84 ft <sup>2</sup> N
vidrio	0.8	x	5	x	10.76	=	43.0 ft <sup>2</sup> N
área	6.5	x	5	x	10.76	=	349.0 ft <sup>2</sup>
Área blanca							
muro	1.8	x	19	x	10.76	=	368.0 ft <sup>2</sup> N
	1.8	x	2	x	10.76	=	38.73 ft <sup>2</sup> E

vidrio	0.8	x	19	x	10.76	=	164.0	ft <sup>2</sup>	N
	0.8	x	2	x	10.76	=	17.2	ft <sup>2</sup>	E
área	19	x	2	x	10.76	=	408.0	ft <sup>2</sup>	
Baños y vestidores médicos									
partición	14	x	2.6	x	10.76	=	391.0	ft <sup>2</sup>	
área	2.5	x	4.5	x	10.76	=	121.0	ft <sup>2</sup>	
Baños y vestidores enfermeras									
partición	14	x	2.6	x	10.76	=	391.0	ft <sup>2</sup>	
área	2.5	x	4.5	x	10.76	=	121.0	ft <sup>2</sup>	
Quirófano 1									
partición	21	x	2.6	x	10.76	=	587.0	ft <sup>2</sup>	
área	6	x	4.5	x	10.76	=	290.0	ft <sup>2</sup>	
Quirófano 2									
muro	1.8	x	4.5	x	10.76	=	87.0	ft <sup>2</sup>	E
vidrio	0.8	x	4.5	x	10.76	=	38.0	ft <sup>2</sup>	E
área	4.5	x	6	x	10.76	=	290.0	ft <sup>2</sup>	
Area gris									
muro	1.8	x	3	x	10.76	=	58.0	ft <sup>2</sup>	E
vidrio	0.8	x	3	x	10.76	=	56.0	ft <sup>2</sup>	E
área	19	x	3	x	10.76	=	613.0	ft <sup>2</sup>	
Recuperación									
muro	1.8	x	6.5	x	10.76	=	126.0	ft <sup>2</sup>	S
vidrio	0.8	x	6.5	x	10.76	=	56.0	ft <sup>2</sup>	S
área	6.5	x	4	x	10.76	=	280.0	ft <sup>2</sup>	
Anestecia									
muro	1.8	x	2.5	x	10.76	=	48.42	ft <sup>2</sup>	S
vidrio	0.8	x	2.5	x	10.76	=	21.52	ft <sup>2</sup>	S
área	4	x	2.5	x	10.76	=	107.6	ft <sup>2</sup>	
Labor									
muro	1.8	x	4.5	x	10.76	=	87.0	ft <sup>2</sup>	S
vidrio	0.8	x	4.5	x	10.76	=	38.7	ft <sup>2</sup>	S
área	4.5	x	4	x	10.76	=	193.68	ft <sup>2</sup>	

## Expulsión

muro	1.8	x	4	x	10.76	=	77.47 ft <sup>2</sup>	E
	1.8	x	4.5	x	10.76	=	87.15 ft <sup>2</sup>	S
vidrio	0.8	x	4	x	10.76	=	34.43 ft <sup>2</sup>	E
	0.8	x	4.5	x	10.76	=	38.73 ft <sup>2</sup>	S
área	4	x	4.5	x	10.76	=	193.68 ft <sup>2</sup>	

## Factores de conducción

Estos valores se toman directamente de tablas.

## muro exterior

block 15 cm	1.00
aplanado mortero	0.46
película de aire	0.77
aplanado de yeso	0.32

$$R = 2.55 \quad U = 1/R = 0.39$$

## muro partición

ladrillo 10 cm	0.80
aplanado de yeso	0.32
aplanado de yeso	0.32
película de aire	0.77

$$R = 2.21 \quad U = 1/R = 0.45$$

## techo

enladrillado e impermeabilizante	0.73
losa calada 15 cm	0.33
espacio de aire	0.78
falso plafón	0.47
película de aire	0.77

$$R = 3.08 \quad U = 1/R = 0.32$$

El factor de conducción en vidrio es  $U = 1.33$

## ALUMBRADO

CEYE	3 LAMPARAS DE 2 x 40 W	= 240 W
AREA BLANCA	4 LAMPARAS DE 2 x 40 W	= 320 W
VESTIDOR ENF.	2 LAMPARAS DE 2 x 40 W	= 160 W
VESTIDOR MED.	2 LAMPARAS DE 2 x 40 W	= 160 W
QUIROFANO 1	2 LAMPARAS DE 2 x 40 W	= 160 W
	2 LAMPARAS DE 2 x 100 W	= <u>400 W</u>
		560 W
QUIROFANO 2	2 LAMPARAS DE 2 x 40 W	= 160 W
	2 LAMPARAS DE 2 x 100 W	= <u>400 W</u>
		560 W
AREA GRIS	4 LAMPARAS DE 2 x 40 W	= 320 W
RECUPERACION	3 LAMPARAS DE 2 x 40 W	= 240 W
ANESTESIA	1 LAMPARA DE 2 x 40 W	= 80 W
LABOR	3 LAMPARAS DE 2 x 40 W	= 240 W
EXPULSION	3 LAMPARAS DE 2 x 40 W	= 240 W

3120 W.T.

## PERSONAS

CEYE	2
AREA BLANCA	2
VESTIDOR ENF.	6
VESTIDOR MED.	6
QUIROFANO 1	8
QUIROFANO 2	8
AREA GRIS	3
RECUPERACION	4
ANESTESIA	2
LABOR	6
EXPULSION	<u>8</u>

55

El nivel de actividad considerado para todas las áreas es de trabajo ligero.

Al utilizar el programa computacional para balance térmico, se obtendrán varias hojas de resultados, que indican principalmente las cantidades de aire (CFM) requeridas por cada área de nuestro local y la capacidad total del equipo de refrigeración.

Los resultados son los siguientes:

#### CALCULO DE CARGA TERMICA

Fecha: 01 - 02 - 1990  
 Ciudad: México, D.F.  
 Zona: Bloque tocoquirúrgico  
 Lugar: Hospital de tercer nivel  
 Condiciones exterior: 84° F BS / 62.6° F BH  
 Temperatura interior: 75° F BS

#### CARGA DE ENFRIAMIENTO POR ESPACIO

NOMBRE DEL ESPACIO	CALOR SENSIBLE TON / ESPACIO	AIRE DE SUMINISTRO CFM / ESPACIO
ceye	0.58	405
área blanca	1.05	730
vestidor enf.	0.19	132
vestidor med.	0.19	132
quirófano 1	0.69	476
quirófano 2	0.84	581
área gris	0.88	631
recuperación	0.57	399
anestesia	0.23	162
labor	0.43	299
expulsión	0.69	483

## TRANSMISION SOLAR EN MUROS Y VIDRIOS

COMPONENTE	AREA(ft <sup>2</sup> )	TRANSMISION(BTU/hr)	GANANCIA SOLAR (BTU/hr)
------------	------------------------	---------------------	----------------------------

## carga en vidrios

NE	0	0	0
E	115	1377	3066
SE	0	0	0
S	156	1862	802
SO	0	0	0
O	0	0	0
NO	0	0	0
N	207	2407	2683

## carga en muros

NE	0	0	-
E	261	743	-
SE	0	0	-
S	348	1047	-
SO	0	0	-
O	0	0	-
NO	0	0	-
N	465	997	-

## RESUMEN DE CARGAS

TIPO DE CARGA	CALOR SENSIBLE (BTU/hr)	CALOR LATENTE (BTU/hr)
ganancia solar	6551	0
transmisión en vidrios	5716	0
transmisión en muros	2786	0
transmisión en techo	32063	0
alumbrado (3120 W)	13336	0
personas (55)	13731	21179
cargas adicionales	0	0
carga por infiltración	0	0
factor de seguridad (5%)	3709	1059
sub totales	77892	22238
carga de aire exterior	5007	-320
carga propia del ventilador	9118	0
cargas totales	92017	21918
carga total	113935 BTU/hr	
	≈ 9.49 TONS	
área total de la zona	2966 ft <sup>2</sup>	
factor U de conducción	0.443 (BTU/hr)/ft <sup>2</sup> °F	

## PARAMETROS DE DISEÑO

temp. del aire a la entrada del serpentín	=	76.3/60.5	°F
temp. del aire a la salida del serpentín	=	51.5/50.1	°F
carga sensible del serpentín	=	92017	BTU/hr
carga total del serpentín	=	113935	BTU/hr
temperatura de suministro	=	54	°F
CFM totales (actuales)	=	4510	CFM
CFM totales (aire std.)	=	3434	CFM
carga de enfriamiento	=	1.52	CFM/ft <sup>2</sup>
humedad relativa resultante	=	45	%
factor de by pass	=	0.10	

En este momento obtenemos la capacidad del equipo y los datos necesarios para su selección.

Al obtener por resultado del balance térmico una humedad relativa del 45 % es necesario instalar un humidificador a la salida de la unidad manejadora ya que por norma el aire de suministro para un bloque tocoquirúrgico debe ser del 50%.

## CALCULO DEL HUMIDIFICADOR

La fórmula utilizada para calcular los requerimientos de humedad en una zona con entrada de aire del exterior es la siguiente:

$$H = \frac{CFM ( W_2 - W_1 ) (C)}{16.7}$$

donde:

CFM = volumen de aire en  $\text{ft}^3/\text{min}$

$W_1$  = humedad absoluta del exterior en lb por 1000  $\text{ft}^3$

$W_2$  = humedad absoluta del interior en lb por 1000  $\text{ft}^3$

C = porcentaje de aire del exterior

16.7 = constante

H = lb de humedad/hr requeridas para mantener las condiciones de diseño.

Para obtener el valor de las humedades absolutas, es necesario recurrir a la tabla psicrométrica utilizando las condiciones de temperatura de bulbo seco y humedad relativa tanto del exterior como del interior de nuestro local.

condiciones del exterior

T.B.S. =  $84^\circ\text{F}$

H.R. = 30 %       $W_1 = 0.536$

condiciones del interior

T.B.S. =  $75^\circ\text{F}$

H.R. = 50 %       $W_2 = 0.655$

porcentaje de aire del exterior = 100 %

sustituyendo valores tenemos que:

$$H = \frac{4510(0.655 - 0.536) 1.00}{16.7}$$

$$H = 32.3 \text{ lb de vapor/hr}$$

El resultado obtenido es el valor utilizado para la selección del equipo de humidificación.

## SISTEMA DE DUCTERIA

La figura siguiente muestra el recorrido de los ductos y la localización del equipo de aire acondicionado.

Para obtener el dimensionado de los ductos, también contamos con programas computacionales que trabajan comunmente con el método de fricción constante.

La hoja de resultados que se presenta a continuación, proporciona las dimensiones de cada tramo del sistema de ductería así como las medidas de las rejillas de inyección.

La información obtenida servirá para calcular la cantidad de lámina galvanizada requerida para la instalación.

TRAMO	VOLUMEN ft <sup>3</sup> /min	VELOCIDAD ft/min	AREA ft <sup>2</sup>	DIMENSION
VENT-1	4510	1400	3.22	22 x 22
1 - 2	581	825	0.70	10 x 10*
3 - 2	3929	1350	2.90	22 x 20
3 - 4	1097	950	1.15	14 x 12
4 - 5	315	725	0.43	10 x 6*
4 - 6	782	890	0.87	12 x 10
6 - 7	483	800	0.60	10 x 8*
6 - 8	299	710	0.42	10 x 6*
3 - 9	2832	1225	2.31	18 x 18
9 - 10	730	875	0.83	12 x 10
10 - 11	365	750	0.48	12 x 6*
10 - 12	365	750	0.48	12 x 6*
9 - 13	2102	1150	1.82	18 x 16
13 - 14	476	790	0.60	10 x 8*
13 - 15	1626	1100	1.47	16 x 14
15 - 16	876	925	0.94	14 x 10
16 - 17	315	725	0.43	10 x 6*

\* rejilla de inyección.

TRAMO	VOLUMEN ft <sup>3</sup> /min	VELOCIDAD ft/min	AREA ft <sup>2</sup>	DIMENSION
16 - 18	561	810	0.69	12 x 8
18 - 19	399	790	0.50	10 x 6*
18 - 20	162	625	0.25	10 x 6*
15 - 21	750	890	0.84	12 x 10
21 - 22	132	550	0.24	10 x 6*
21 - 23	618	850	0.72	10 x 10
23 - 24	132	550	0.24	10 x 6*
23 - 25	405	775	0.52	10 x 8*

\* rejilla de inyección.

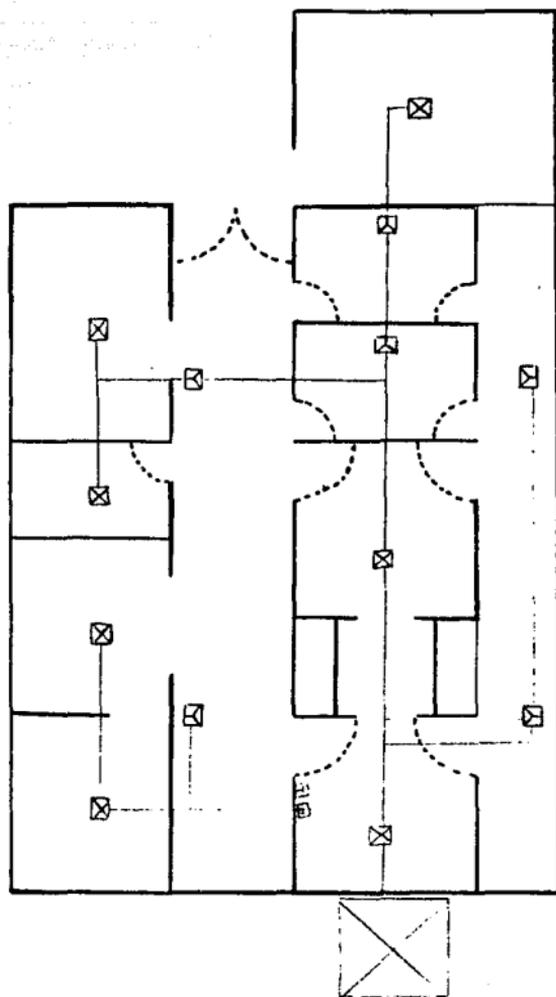


FIG. 5.5 Diagrama del Recorrido de Ductería.

#### 5.4 ESTUDIO ECONOMICO Y ALTERNATIVAS.

Durante el desarrollo del presente, se analizarán las alternativas de selección de todos los componentes necesarios para instalar el sistema de aire acondicionado para el bloque tocoquirúrgico de un hospital de tercer nivel. Al mismo tiempo se evaluará el costo aproximado de la obra.

##### Equipo.

El equipo seleccionado deberá ser unizona con 100% de aire del exterior operando con un sistema de expansión directa. Los fabricantes de equipo ofrecen las siguientes alternativas:

##### a. unidad central.

Se propone un equipo marca Carrier con las siguientes características:

modelo	50DP012
capacidad de refrigeración	124000 BTU/hr
serpentín condensador	enfriado por aire
capacidad nominal del ventilador	4000 CFM
rango	3000 - 5000 CFM
peso de operación	1180 lb
dimensiones (LAH)	7, 7.25, 3.5 ft
tipo de descarga	vertical

##### b. equipo dividido.

Las características de operación del equipo dividido marca Carrier son las siguientes:

## Unidad condensadora

modelo	38AD012
capacidad	114000 BTU/hr
tipo	enfriado por aire
peso de operación	770 lb
dimensiones (LAH)	7, 4.5, 2 ft

## Unidad manejadora

modelo	4ORR12
capacidad nominal	5000 CFM
rango	3750 - 6250 CFM
peso de operación	640 lb
dimensiones (LAH)	7, 2.5, 6 ft
tipo de descarga	vertical

Por trabajar en rangos de operación más próximos a lo determinado por carga térmica y al no existir restricciones de espacio en la instalación, se optó por el equipo dividido.

Precio:	Unidad manejadora modelo 38AD012	\$ 13,851,000
	unidad manejadora modelo 4ORR12	\$ 8,437,000

## Sistema de ductería.

Para la fabricación de éste se utiliza comunmente lámina galvanizada y para determinar su calibre y cantidad, se tomará en cuenta el plano de recorrido y las dimensiones de cada tramo utilizando la siguiente tabla:

Lado mayor del ducto	Calibre de lámina galvanizada
hasta 12"	26
de 13" hasta 30"	24
de 31" hasta 59"	22
de 60" hasta 89"	20
mayor de 90"	18

Proveedores de éste material, proporcionan su peso en base al cálculo descrito. De acuerdo a lo anterior, la cantidad de lámina galvanizada es de 1026 lb y por facilidad de instalación se utilizará calibre 24 unicamente.

Precio: lote de 1026 lb de lámina galvanizada en calibre 24 a \$ 2710/lb \$ 2,780,460

#### Aislamiento térmico.

Para evitar la transferencia de calor del medio ambiente (se considerará más caliente) hacia el aire acondicionado conducido por el sistema de ductería se debe forrar cada tramo con un material aislante constituido principalmente por fibra de vidrio en 1 in de espesor y papel aluminio. Para asegurar la perfecta hermeticidad de éste, se utilizan selladores y adhesivos para pegarlo firmemente al conducto y evitar fugas en las uniones o cambios de dirección en el recorrido.

Para calcular el material a utilizar, se procederá a determinar el área total de lámina galvanizada que se debe forrar.

Considerando las dimensiones de cada tramo y su longitud, la cantidad de aislamiento térmico es de 1300 ft<sup>2</sup>.

Precio: lote de 1300 ft<sup>2</sup> de aislamiento térmico de fibra de vidrio y papel aluminio en 1 in de espesor a \$ 1400/ft<sup>2</sup> \$ 1,820,000

#### Difusores.

Las dimensiones comerciales de los difusores de inyección se limitan a medidas especificadas en múltiplos de 3 y pueden seleccionarse en dos o tres vías.

La siguiente tabla indica el tipo de difusor que será utilizado en la instalación:

Difusor teórico	Difusor comercial y tipo *
10 x 10	9 x 9 cuatro vías
10 x 6	9 x 6 tres vías
10 x 8	9 x 6 cuatro vías
10 x 6	9 x 6 cuatro vías
10 x 6	9 x 6 tres vías
10 x 6	9 x 6 tres vías
10 x 8	9 x 6 tres vías
10 x 6	9 x 6 tres vías
10 x 6	9 x 6 tres vías
10 x 6	9 x 6 cuatro vías
10 x 6	9 x 6 cuatro vías
10 x 6	9 x 6 tres vías
10 x 8	9 x 6 tres vías

\* el número de vías no altera el precio comercial.

Precio:	difusor de inyección de 9 x 9 a	
	\$ 53,079 c/u (1 pieza)	\$ 53,079
	difusor de inyección de 9 x 6 a	
	\$ 47,379 c/u (12 piezas)	\$568,548

Equipo de humidificación,

Utilizando como principio de selección el valor de 32.2 lb vapor/hr obtenido en el cálculo de humidificación, consideramos las siguientes alternativas:

- a. humidificador de tubo de dispersión o rejilla
- b. resistencia eléctrica

Señalando que el costo inicial del primero es medianamente superior, la selección de éste debe considerar costos de instalación y operación.

Las características de operación en el humidificador de resistencia eléctrica son de tres resistencias de 4.2 KW c/u trabajando a 220 volts, 3 fases.

La selección del humidificador de rejilla de dispersión tiene sus ventajas ya que el costo de operación es muy bajo y la línea de vapor necesaria para su funcionamiento es fácil obtenerla de la proveniente del equipo de esterilización. Con lo anterior, el costo inicial ligeramente más elevado se justifica..

Precio:	humidificador de rejilla para 32.2 lb de vapor/hr	\$ 1,850,000
---------	--	--------------

#### Filtros.

Para instalar éste sistema, se utilizará un banco filtrante constituido por malla metálica, filtro de bolsa y absoluto.

Precio:	banco filtrante	\$ 350,000
---------	-----------------	------------

#### Equipo de control.

El equipo de control propuesto es de tipo neumático que accionará el paro y arranque de la unidad condensadora (termostato) y del humidificador (humidostato).

Precio:	termostático neumático de cuarto	\$ 268,800
	humidostato neumático de cuarto	\$ 392,000

#### Sopotería y herramientas.

Para efectuar la instalación del sistema de aire acondicionado propuesto, es necesario utilizar sopotería para fijar el ducto a la loza del edificio. Este, se deberá manejar como factor y podrá considerarse entre el 8 y 10 % del costo total obtenido en los puntos anteriores.

Precio:	sopotería y herramientas	\$ 3,000,000
---------	--------------------------	--------------

El precio total, representa unicamente el costo de instalación y se debe hacer notar al cliente que no se incluyen instalaciones eléctricas ni trabajos de albañilería o pintura.

Total del presupuesto \$ 33,020,887

## **CAPITULO IV.**

## **CONCLUSIONES**

## CONCLUSIONES

Considerando que en la Ciudad de México, en muchas ocasiones se escatima en la instalación de un sistema de aire acondicionado para confort, en aplicaciones hospitalarias es de vital importancia ya que se relaciona con la salud del paciente.

La complejidad de un sistema de aire acondicionado para un hospital de tercer nivel se debe a que hay que cubrir normas y recomendaciones de diseño.

En la actualidad se requiere una mayor aplicación en la ingeniería de sistemas de aire acondicionado ya que resulta necesario implementar equipos y diseños que proporcionen confort a un menor costo.

## **CAPITULO V.**

## **BIBLIOGRAFIA**

## B I B L I O G R A F I A

1. Hernández Goribar E. FUNDAMENTOS DE AIRE ACONDICIONADO. Ed. Limusa.
2. Jennings Burgess. AIRE ACONDICIONADO Y REFRIGERACION. Ed. McGraw Hill.
3. Raymond Havrella. FUNDAMENTOS DE CALEFACCION, VENTILACION Y AIRE ACONDICIONADO, Ed. McGraw Hill.
4. MANUAL DEL INGENIERO MECANICO. Vol. I. Ed. MacGraw Hill.
5. Sonntang Richard. INTRODUCCION A LA TERMODINAMICA. Ed. Limusa.
6. NORMAS DE DISEÑO DE INGENIERIA, INSTALACIONES DE AIRE ACONDICIONADO. Instituto Mexicano del Seguro Social.
7. MANUAL DE DISEÑO CARRIER, ESTIMACION DE CARGA TERMICA. Compañía Carrier de Aire Acondicionado.
8. Jaureguí Díaz, O. SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO EN HOSPITALES DE SEGURIDAD SOCIAL. Tesis UNAM.