

248477

21



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

MAQUINAS TERMICAS E IMPACTO AMBIENTAL  
DISEÑO E INSTALACION DE AIRE  
ACONDICIONADO PARA UN RESTAURANT.

**TRABAJO DE SEMINARIO**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
**P R E S E N T A :**  
**HUMBERTO AGAPITO MENDOZA**

ASESOR: ING. JUAN DE LA GRUZA ZAMUDI



CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1997

BIBLIOTECA  
INSTITUTO DE ECOLOGIA  
UNAM

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

NO DEBE  
DE LA BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES  
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN  
P R E S E N T E .

AT'N: ING. RAFAEL RODRIGUEZ CEBALLOS  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautilán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Máquinas Térmicas e Impacto Ambiental. Diseño de Instalación de Aire Acondicionado para un Restaurant.

que presenta el pasante: Humberto Agapito Mendoza

con número de cuenta: 8508530-9 para obtener el Título de:

Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

A T E N T A M E N T E .

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautilán Izcalli, Edo. de México, a 17 de Enero de 1997

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>2 y 4</u>	<u>Ing. Juan de la Cruz Hernández Zarudío</u>	<u>[Firma]</u>
<u>1</u>	<u>M. en C. Arendo Aguilar Marquez</u>	<u>[Firma]</u>
<u>3</u>	<u>M. en C. Frida María León Rodríguez</u>	<u>[Firma]</u>

A mi padre Andres y mi madre Raquel  
que juntos y con su esfuerzo, hemos  
logrado una meta anhelada.

A mis hermanos Guadalupe, Rogelio, Isabel y Ismael  
que siempre me apoyaron a seguir adelante.

A mi esposa Veronica y mi hija Jessica Brenda  
que con su existencia y amor, me impulsan a  
seguir siempre adelante.

y a todos aquellos que de alguna forma me ayudaron

**GRACIAS**

## INDICE

### CAPITULO UNO FUNDAMENTOS DEL ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE

- 1.1 PROPIEDADES FISICAS Y TERMICAS.
- 1.2 RELACION DE PRESION-TEMPERATURA.
- 1.3 MEDIDAS E INSTRUMENTOS DE MEDICION.
- 1.4 PROPIEDADES DEL AIRE.

### CAPITULO DOS PSICROMETRIA

- 2.1 DEFINICION.
- 2.2 MEZCLAS DE AIRE Y VAPOR DE AGUA.
- 2.3 HUMIDIFICACION Y DESHUMIDIFICACION
- 2.4 TABLAS PSICROMETRICAS.

### CAPITULO TRES CARGA DE ENFRIAMIENTO Y CALENTAMIENTO.

- 3.1 GENERALIDADES.
- 3.2 TRANSMISION DE CALOR.
- 3.3 PROCEDIMIENTO
- 3.4 OBTENCION DE LAS DIMENCIONES DEL LOCAL O EDIFICIO.
- 3.5 CONSIDERACIONES PARA LA ENFRIAMIENTO Y CALENTAMIENTO.

### CAPITULO CUATRO PRINCIPIOS DE REFRIGERACION.

- 4.1 PRINCIPIOS GENERALES.
- 4.2 EL CICLO CARNOT.
- 4.3 REFRIGERANTES.

### CAPITULO CINCO.

- 5.1 CONSIDERACIONES GENERALES.
- 5.2 CONSTRUCCION DE LOS DUCTOS.
- 5.3 ENTREGA DE AIRE Y DISTRIBUCION

### CAPITULO SEIS CALCULO DE LA CARGA DE ENFRIAMIENTO Y CALENTAMIENTO.

- 6.1 CALCULOS DE LA CARGA DE ENFRIAMIENTO.
- 6.2 CALCULO DE LA CARGA DE CALENTAMIENTO.

CONCLUSIONES.  
BIBLIOGRAFIA.

## INTRODUCCIÓN.

Este trabajo de tesis trata de dar en una forma muy general los pasos a seguir para un proyecto de aire acondicionado. Para entender mejor los conceptos tratare de dar una pequeña introducción de los adelantos que se han tenido desde los inicios en que el hombre tiene la necesidad de tener un clima controlado dentro de un espacio.

Desde las primeras civilizaciones se a necesitado el control del clima en un espacio, lo cual a permitido la sobrevivencia del hombre en los diferentes climas, y esto a logrado los avances en lo que se refiere a la practica de calefacción y ventilación. Desde un principio, el hombre comenzó a tener necesidad de un bienestar como el hombre de las cavernas, el cual para poder vivir en lugares fríos, hizo uso del fuego quemando para ello un combustible, y tuvo dificultades con la extracción del humo. Los métodos de calefacción y ventilación han cambiado notablemente desde aquellos tiempos en que vivió el hombre prehistórico.

Los residentes de las primeras civilizaciones que tuvieron su origen en climas templados donde son necesarias la calefacción y ventilación durante el invierno para vivir con comodidad y los que tuvieron su origen en áreas tropicales, donde las necesidades de calefacción eran mínimas o innecesarias, se encontraron con el problema opuesto. Como proyectar métodos de enfriamiento satisfactorio a fin de conservar la temperatura del cuerpo a niveles suficientemente bajos. Estas necesidades originan lo que ahora conocemos como aire acondicionado y refrigeración.

El objetivo de la calefacción o enfriamiento es proveer una atmósfera de comodidad que tenga tales características que los ocupantes de un espacio puedan, efectivamente, disipar suficiente calor que les permita el funcionamiento adecuado del proceso metabólico en sus cuerpos y no perder este calor tan rápidamente que produzca bajas temperaturas en el cuerpo.

En la temporada de verano puede ser difícil la disipación de calor en el cuerpo humano, mientras que en el invierno, la disipación de calor no ofrece dificultades y puede controlarse si no es excesiva. La costumbre de usar ropa de invierno reduce las pérdidas de calor. Sin embargo, es conveniente y necesario conservar durante el invierno la temperatura en el interior a un valor apropiado dentro de los límites de la comodidad de tal manera que las funciones del cuerpo sean adecuadamente satisfechas sin tomar calor del sistema regulatorio.

Todos estamos familiarizados con el término aire acondicionado; no obstante, ha sido usado para muchos y diferentes conceptos, por lo que se hace necesario aclarar el significado de este término. Acondicionamiento completo del aire en un espacio definido implica la creación y mantenimiento de una atmósfera que tenga condiciones de temperatura, humedad, circulación del aire y pureza tales que se produzcan los efectos deseados por los ocupantes de ese espacio o en los materiales que serán manejados o almacenados. Puede llamarse acondicionamiento del aire al control simultáneo de esos cuatro factores dentro de los límites convenientes para producir comodidad y salud de los ocupantes, o cuando dichas condiciones permitan tener los mejores productos industriales durante su fabricación y almacenamiento.

Además del termino "aire acondicionado", pueden también emplearse los términos acondicionamiento de aire en el verano y acondicionamiento de aire en el invierno. Estos términos implican en sus mínimas necesidades, enfriamiento y deshumidificación del aire en el verano o calentamiento y humidificación del aire en el invierno, proporcionándose en ambos casos circulación del aire. Para los casos anteriores, podrá o no proporcionarse limpieza del aire empleado.

Debe señalarse que el termino acondicionamiento completo del aire es independiente del tiempo o de la estación y que puede aplicarse efectivamente para cualquier condición del tiempo dentro de los límites normales. Con el termino aire acondicionado realmente se indicara acondicionamiento completo del aire, a menos que se vea modificado por las palabras verano o invierno.

Los sistemas centrales de calefacción, empezaron a usarse a mediados del siglo XIX. En estos sistemas, el horno se coloca en un lugar apropiado, se usa frecuentemente el sótano de un edificio, el calor generado por la combustión de un combustible es conducido a otras partes del edificio por un medio adecuado. Los medios de transporte generalmente empleados son aire, vapor de agua o agua caliente.

En los edificios grandes frecuentemente se emplean sistemas de aire forzado, también conocidos con el nombre de sistemas de circulación mecánica del aire. Con sistemas de aire

forzado, es posible la limpieza y humidificación del aire entregado y además controla aproximadamente la cantidad de aire circulante. Los sistemas de vapor de agua, son de numerosos tipos desde el sistema mas simple de un tubo hasta los de vapor mas complicados y sistemas al vacío.

Realmente el "iniciador del aire acondicionado" fue Willis H. Carrier (1876-1950), a través de su brillante carrera, Carrier contribuyo mas al avance de esta industria, que cualquier otro individuo. En 1911 presento su famoso trabajo, sobre las propiedades del aire. Este trabajo fue la base para la primera carta psicrometrica que llego a ser la parte fundamental de la industria del aire acondicionado.

## CAPITULO UNO

### FUNDAMENTOS DEL ACONDICIONAMIENTO DEL AIRE.

#### 1.1 Propiedades físicas y térmicas.

Para obtener un concepto claro con relación al funcionamiento de los sistemas de acondicionamiento de aire, es necesario comprender las propiedades físicas y térmicas que gobiernan la producción del frío artificial. Dado que el acondicionamiento de aire tiene mucho que ver con el problema del cambio de temperatura de una habitación o de otro espacio determinado, deben comprenderse que el calor es una forma activa de energía, como lo son las energías mecánica y eléctrica.

El calculo de flujo de calor en muchos problemas de ingeniería, hace necesario entender el comportamiento de este ya que en el diseño de cualquier sistema de aire acondicionado se basa principalmente en las características de transferencia de calor en la estructura del local o de los edificios. Cuando ya se han calculado los flujos de calor para determinar el tamaño de los calentadores (de superficie), serpentines de enfriamiento u otros medios para equilibrar la carga.

Se tienen dos formas para ganancias o pérdidas de calor a través de las paredes y estructuras de un local o edificio:

- 1.- Por transmisión a través de la pared del aire de un lado opuesto.

## 2 - Por fugas del aire caliente o frío que esta dentro del edificio.

Con esto se hace notar que la transferencia de calor será reducida si se cuenta con un buen aislamiento en las paredes de nuestro local o edificio.

Las fugas de aire pueden reducirse usando ventanas y puertas dobles o por algún otro medio para reducir el flujo de aire a través de las rendijas.

Al existir una diferencia de temperaturas, la transferencia de calor puede tomar lugar por:

1.-Conduccion

2.-Conveccion

3.-Radiacion

La conducción es la transferencia de calor que tiene lugar principalmente en sólidos donde el calor es transferido de una molécula a otra sin que se note movimiento molecular alguno.

La convección es la transferencia de calor que se produce desde un cuerpo caliente a otro mas frío mediante un fluido, ya sea este liquido o gaseoso, el que actúa como portador del calor del cuerpo caliente por contacto real, o sea por conducción; a medida que se calienta dicho fluido se hace mas ligero y asciende. La diferencia de temperatura entre el cuerpo caliente y el cuerpo frío hace que el agente portador circule entre ambos, entregando el calor al cuerpo frío.

La radiación es la transferencia de calor en el movimiento de las ondas, tales como la de luz que se producen a través de un medio transparente sin afectar la temperatura del mismo. Un buen ejemplo lo constituye los rayos del sol pasando a través del aire. La temperatura del

aire no se afecta notablemente. El calor radiante no es aparente hasta que choca con una superficie opaca donde es absorbido y se revela o manifiesta en una liberación de temperatura.

### **Ecuaciones de transferencia de calor.**

La teoría de la conducción de calor fue desarrollada matemáticamente primero por el matemático francés J.B. Fourier, aunque Sir Isaac Newton con mucha anterioridad empezó a trabajar sobre lo mismo. La ecuación de Fourier para flujo de calor en una sola dirección, basada en evidencia experimental, es

$$dQ/dO = -kA dt/dx$$

donde:

$dQ/dO$  = transferencia de calor por unidad de tiempo(O).

A = área de la sección a través de la cual está fluyendo el calor.

dt = diferencia de temperatura causada por el flujo de calor

dx = longitud de la trayectoria a través del material en la dirección del flujo.

k = factor de proporcionalidad llamado conductividad térmica

Es de notarse que la velocidad del flujo de calor se disminuye al aumentar el espesor del aislamiento. La fórmula sirve como un punto de partida para las cargas de calor y enfriamiento.

### **Calor sensible.**

El calor sensible es aquella forma de calor que produce un cambio en la temperatura de una sustancia y puede medirse con un termómetro. Así, por ejemplo, cuando la temperatura del agua se eleva de 32 F. a 212 F., se está produciendo un aumento en el calor sensible.

### **Calor específico.**

Los BTU requeridos para elevar la temperatura de una libra de una sustancia un grado Fahrenheit recibe el nombre de calor específico. Por definición el calor específico del agua es 1.00 pero la cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de varias sustancias hasta una temperatura dada varía. Dado que el agua tiene una capacidad calorífica muy amplia, se le ha tomado como norma, y dado que una libra de agua requiere un BTU para elevar su temperatura en un grado, su clasificación en la escala de calor específico es de 1.00. El hierro tiene un calor específico más bajo: su clasificación normal es de 0.130, la de hielo es de 0.504 y la del aire 0.238. Mientras más agua contiene un objeto, como en el caso de aire o alimento fresco, más alto será el calor específico.

### **Calor latente.**

El calor latente, o calor oculto, es aquella forma que hace que una sustancia cambie su estado físico de sólido a líquido, que un líquido se evapore, o viceversa. Por ejemplo cuando un líquido se evapora y se convierte en gas, el cambio de estado físico va siempre acompañado por absorción de calor. La evaporación tiene un efecto refrescante en el medio que lo rodea al líquido, dado que este obtiene del medio circulante el calor necesario para

cambiar su estructura molecular. Esta acción tiene lugar en el evaporador de un sistema de acondicionamiento de aire. Cualquier líquido tiende a saturar el espacio circulante con su vapor. Esta propiedad de los líquidos es un elemento importante en todo trabajo de acondicionamiento de aire.

Por otra parte, cuando un gas se condensa o licúa, el cambio de estado físico va siempre acompañado de la pérdida de calor. Esta acción tiene lugar en el condensador del sistema, al trabajo mecánico ejercido sobre el gas por el compresor.

#### **Calor latente de fusión.**

El cambio de una sustancia de sólida a líquida, o a la inversa, envuelve el calor latente de fusión. Una libra de agua a una temperatura de 32 F, requiere la extracción de 144 BTU para alcanzar la congelación, o sea la transformación en hielo sólido, a 32 F. Toda sustancia sólida tiene un valor de calor latente en grado diverso, y la cantidad requerida para convertirlo o provocar un cambio recibe el nombre de calor latente de fusión. Este calor, asimilado o extraído, según sea el caso, no es susceptible de medirse con un termómetro porque las unidades de calor son absorbidas o se expanden en trabajo intermolecular, separa las moléculas de sus fuerza de atracción de modo que tiene lugar un cambio de estado.

### **Calor latente de evaporación.**

El cambio de una sustancia de líquido a gas o viceversa envuelve el calor latente de evaporación. Medidas en extremo cuidadosas han determinado que la conversión de una libra de agua pura a 212 F, requiere 970 BTU, cuando se lleva a cabo a la presión normal de la atmósfera que se encuentra al nivel del mar. Si se añade calor y se mantiene un conteo de BTU gastados, se encontraría que cuando todo el agua se ha transformado en vapor, se habrán usado 970 unidades de calor. El añadir más calor solo serviría para calentar el vapor, tal como sería posible si hubiera sido atrapado o el experimento llevado a cabo en una vasija cerrada, de modo que pudiera aplicársele calor.

### **Super calor.**

Este es un término que se usa cada día más, especialmente para el ajuste de control de un refrigerante. Es en pocas palabras, calor sensible absorbido por un vapor o un gas que no está en contacto con su líquido y en consecuencia, no sigue la relación de temperatura - presión. Por lo tanto, el supercalor es calor sensible absorbido por el vapor que eleva la temperatura del vapor o gas sin cambio de presión apreciable.

Un gas se considera por lo general como un vapor en un estado altamente supercalentado o como un vapor que no se encuentra cerca de su condensación. El agua en el aire, cercana al punto de condensación, se conoce como vapor de agua. Como quiera que el supercalor es calor sensible puede medirse su efecto con un termómetro y es tal solo elevación de

temperatura en grados F. (o centígrados) por lo tanto un supercalor de 10 F representa un vapor que ha absorbido calor suficiente para elevar la temperatura de vapor 10 F. sobre la temperatura del líquido en evaporación.

## **1.2 Relación de presión-temperatura.**

Una investigación extensa de los gases y su conducta ha revelado que un peso dado se expande o se contrae con uniformidad de su volumen original por cada grado que de elevación o descenso de temperatura sobre o por encima o por debajo de cero grados F., siempre que la presión en el gas se mantenga constante este hecho se conoce como la ley de Charles. Siguiendo este razonamiento, sabemos que 459 F. bajo cero es el cero absoluto.

En realidad la temperatura o condición no se ha alcanzado jamás. La ley de conservación de la materia nos dice que la materia no puede crearse ni destruirse solo transformarse. Se han alcanzado temperaturas muy cercanas a pocos grado del cero absoluto mediante la licuación de oxígeno del nitrógeno y del hidrógeno, pero estos, como otros gases, cambian su estado físico de gas a líquido y no desaparecen por completo a esas bajas temperaturas. El hecho de que el cero absoluto no haya sido alcanzado jamás se aplican también como otra ley conocida como la ley de la conservación de la energía. Se ha explicado ya que el calor es una forma de energía. Esta ley se enuncia del modo siguiente: la energía no se crea ni se destruye solo se transforma.

Habiendo considerado el efecto de la temperatura de un gas el próximo paso es el efecto de la presión sobre los gases para ayudar al estudio de la refrigeración. En 1662 Robert Boyle anuncio que existía una sencilla relación entre el volumen de un gas y la presión aplicada al mismo. Este principio se conoce como la ley de Boyler y se enuncia así: A una temperatura constante, el volumen de un peso dado de gas varia inversamente a la presión a la cual se le somete. Mientras mas presión se aplique a un gas, mas se reduce su volumen, si la temperatura no se altera permanece invariable; de igual modo, o si la presión se elimina o se reduce el volumen del gas aumenta. Matemáticamente eso podría expresarse así

$$P_1 v_1 = P_2 v_2 = P_n v_n$$

Donde P es la presión absoluta en lb/pie cuadrado.

v es el volumen especifico en pies cúbicos/lb.

La ley de Boyler es cierta tan solo parcialmente, especialmente para los gases de refrigerantes que se licúan por mayor facilidad. Las variaciones de la ley son mayores para alcanzar el punto de licuacion o de condensación de cualquier gas, aunque el movimiento material de aire se determina por esta ley. Se encontrara que si la temperatura se mantiene constante y se aplica presión suficiente a un peso de gas dado y cambiara del estado gaseoso al liquido, el punto al cual este cambio de estado se produce se conoce como el punto de licuacion o de condensación.

Debe resultar ya evidente que existe cierta clase de relación definida y precisa entre la presión, la temperatura, y el volumen, a los cuales puede existir un peso dado de gas. Tal relación existe y se usa extensamente en la labor científica. Esta relación se conoce como la

Ley Combinada de Boyle y de Charles. Puede expresarse matemáticamente del modo siguiente:

$$PV/T = pv/t$$

donde,

P y p se expresan en la escala de presión absoluta en libras por pie cuadrado.

V y v se expresan en pies cúbicos.

T y t se expresan en grados en la escala de temperatura absoluta.

Cuando la presión, la temperatura, o el volumen de un gas varía, se crean nuevas condiciones o circunstancias bajo las cuales un peso dado de gas existe de acuerdo con la ecuación matemática que se acaba de mencionar. Si se eleva un gas a una cierta temperatura (la cual varía con cada gas individual), no importa cuanta presión se le aplique, será imposible de condensar. Esta temperatura se conoce como temperatura crítica. La presión correspondiente a la temperatura crítica recibe el nombre de presión crítica. Mas allá de los puntos críticos es imposible evaporar o condensar una sustancia determinada.

### 1.3 Medidas e instrumentos de medición.

#### El termómetro.

El instrumento de uso común para la medición de la temperatura, es el termómetro, que funciona basado en el principio de la expansión y contracción de líquidos(y sólidos)bajo diversas intensidades de calor. El termómetro ordinario cargado con mercurio funciona con grado aceptable de seguridad sobre una escala bastante amplia. Pero resulta inútil para temperaturas inferiores a -38 F., porque el mercurio se congela en ese punto y debe, por lo tanto sustituirse por algún otro líquido(alcohol). La escala superior para termómetros de mercurio es bastante elevada, aproximadamente 900 F., así que resulta aparente que para el servicio general y ordinario puede aplicarse, por lo general, el termómetro de mercurio.

En su funcionamiento, el termómetro depende del efecto del calor sobre el cuerpo principal de mercurio o alcohol que se expande o se contrae dentro de un bulbo o depósito. Esta acción eleva o baja la altura del líquido en el tubo capilar que forma el tallo del termómetro. Existen diversas escalas y se usan en diferentes países, dichas escalas son: la británica o de Fahrenheit y la escala Celsius. La conversión de una a otra puede efectuarse con las siguientes fórmulas.

$$F = 9/5 C + 32$$

$$C = 5/9 (F - 32)$$

### **EL barómetro.**

El barómetro es un instrumento que se emplea para medir la presión atmosférica, y en su forma primitiva consistía simplemente de un tubo de cristal de un poco más de 40 pulgadas de largo lleno de mercurio. Este tubo se invertía en una taza llena parcialmente de mercurio. La altura de la columna de mercurio del tubo constituye una medida de la presión atmosférica existente.

La presión atmosférica normal al nivel del mar es de 29.921 pulgadas de mercurio. La mayoría de los manómetros que se usan en los cálculos de ingeniería indican presión manométrica que están en libras por pulgada cuadrada.

### **Manómetros.**

Los manómetros de presión, tal como lo sugiere o implica el nombre, se usan para efectuar mediciones de presión en los sistemas de refrigeración como un medio de comprobar su funcionamiento. Los manómetros para el lado de alta presión del sistema tienen escalas con lecturas desde cero hasta 300 psig. o para uso en presiones más altas, desde cero hasta 400 psig. Los manómetros para la parte de baja presión del sistema se denominan manómetros compuestos, dado que sus escalas están graduadas para presiones por encima de la atmosférica en psig, y para presiones inferiores a la atmosférica en vacío en pulgadas de

mercurio. El manómetro compuesto esta calibrado desde 30 pulgadas de vacío hasta presiones que oscilan desde 60 psig 150 psig, según sea el diseño del manómetro.

#### **1.4 Propiedades del aire.**

El aire es una mezcla de dos gases principales; 23 partes de oxígeno y 77 partes de nitrógeno por peso, existen en el aire otros gases, tales como bióxido de carbono monóxido de carbono, ozono y neón, en cantidades muy pequeñas y otros gases que carecen de interés particular en el campo del acondicionamiento del aire.

El oxígeno, el elemento mas importante del aire constituye aproximadamente la cuarta parte del aire de la atmósfera terrestre y de el depende la existencia de la vida en la tierra. El nitrógeno es un gas relativamente inerte cuya función principal es diluir el oxígeno.

Sobre el aire que se ha sometido a un proceso correcto de acondicionamiento sean efectuado uno o mas de los procesos existentes. Por ejemplo, se le ha calentado o se le ha enfriado; se le ha suprimido la humedad (deshumedecido); se le ha puesto en movimiento por medio de ventiladores o de otros aparatos; y se le ha filtrado y librado de impurezas. Estos procesos pueden clasificarse en el orden siguiente para poder referirnos rápidamente a ellos:

1.- Calefacción

2.- Enfriamiento

3.- Humidificación

4.- Deshumidificación

5 - Circulación

6 - Limpieza y filtrado

### **Calefacción**

La impresión prevaleciente en muchos casos es que el equipo de refrigeración o calefacción enfría o calienta una habitación. Esto es cierto en parte, dado que todo el trabajo llevado a cabo por el equipo se efectúa en el aire que está dentro de la habitación. En relación con esto, conviene recordar que el aire es tan solo un vehículo que se usa para transportar calor y humedad de un punto a otro. El aire es un producto o artículo tangible y cada metro cúbico que envuelve a una persona tiene cierto peso, según sea su temperatura, la cantidad de humedad que lleva y su altura sobre el nivel del mar.

### **Enfriamiento**

Cuando estamos hablando de este término tenemos que referenciarlo a lo que es la refrigeración. La refrigeración es un proceso, el cual trata de reducir y mantener más baja la temperatura que en su alrededor de un espacio o de un producto. Para el problema que estamos planteando es necesario conocer los siguientes conceptos: carga de refrigeración, agente refrigerante. Los cuales analizaremos en un capítulo posterior.

El uso y la aplicación de las características del calor, la presión y humedad, a las que deben sumarse las propiedades de los agentes refrigerantes, es la base de la técnica de la refrigeración y constituye los fundamentos de la misma. El uso de estas características y propiedades en forma simple, o combinada permite la eliminación de calor. Los métodos primitivos de refrigeración fueron bastante rudimentarios, en ellos se hacía uso inconciente de los principios básicos de conducción, radiación y convección. Los primeros perfeccionamientos fueron dictados por las necesidades sanitarias y de higiene, y los alimentos fueron colocados en el interior del recipiente.

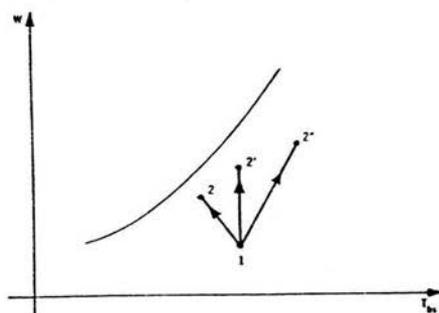
Estos principios han revolucionado en forma paralela la refrigeración mecánica que es el método fundamental y mas ampliamente usado para el moderno acondicionamiento.

### Humidificación y deshumidificación

La humidificación es el proceso mediante el cual se aumenta la humedad especifica y la cantidad de calor del aire. En algunos casos, la humedad especifica se aumenta agregando agua, que se absorbe en forma de vapor.

El agua vaporizada en el aire absorbe calor del propio aire, lo cual hace descender la temperatura, por lo tanto, para conservar o aumentar la temperatura, es necesario agregar calor de otra fuente, para el excedente de la humedad.

En la carta psicometrica ,el proceso se muestra como sigue:



Proceso de humidificación.

Usando la ecuación de la primera ley de la termodinámica se tiene la siguiente expresión:

$$M_1 h_1 + Q + W_{hr} = M_2 h_2 \dots$$

Con lo cual se obtiene la distribución de la energía durante el proceso. En dicha ecuación:

$M_1$  = masa de aire a la entrada (lb/h)

$h_1$  = entalpia total del aire a la entrada (btu/lba)

$Q$  = calor agregado en el calentador (btu/h)

$W_{hr}$  = energía que trae el agua agregada en el proceso (btu/h)

$M_2$  = masa del aire a la salida

$h_2$  = entalpia total del aire a la salida (btu/lb)

La deshumidificación puede lograrse empleando materiales desecantes que pueden periódicamente reactivarse. Sin embargo, la deshumidificación con mas frecuencia puede obtenerse por refrigeración, enfriando el aire a temperaturas lo suficientemente bajas de tal manera que el exceso de vapor de agua pueda ser quitado por condensación. El agua resultante puede entonces separarse del sistema. El agua obtenida por condensación del aire, puede observarse en la formación de humedad en la superficie fría de un vaso con agua helada.

La deshumidificación es necesaria en procesos de aire acondicionado o en procesos industriales. La humedad puede removerse por absorción en líquidos o en sólidos (procesos de absorción química) o enfriando por debajo del punto de rocío.

La deshumidificación la podemos representar por medio del diagrama TS.

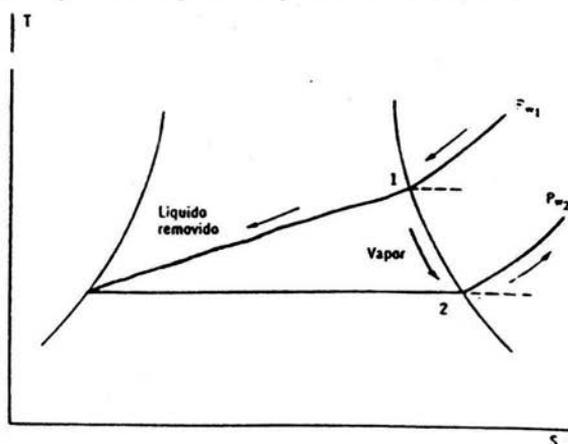


Diagrama TS. Deshumidificación.

El proceso se lleva en dos etapas: primero enfriando hasta el punto de rocío; después hasta condensar y eliminar el agua necesaria, para alcanzar el punto de rocío del estado final. Una vez separada la humedad se puede recalentar hasta la condición final, sin añadir ni absorber agua.

El desarrollo industrial del aire acondicionado ha permitido la creación de mejores condiciones de comodidad. Es obvio que sistemas similares de enfriamiento para fines industriales deberían también diseñarse para producir comodidad. La función más importante

en un sistema de aire acondicionado para producir comodidad es el abatimiento de temperaturas, sea o no necesaria también la deshumidificación. Un sistema de refrigeración es, por lo tanto, auxiliar de un sistema de aire acondicionado en donde es necesario tener temperaturas menores que la atmósfera que lo rodea.

Cada vez mas, los aparatos empleados para enfriamiento de edificios están combinandose con los de calefacción y ventilación, de tal manera que el mismo equipo puede emplearse para ambos fines durante todo el año. El único costo agregado a un sistema de calefacción en un conjunto diseñado, es lo correspondiente al enfriamiento del aire. Los ductos que llevan el aire caliente durante el invierno, pueden conducir el aire frío durante el verano y los mismos ventiladores y convectores pueden usarse en verano e invierno.

### **Circulación del aire.**

El equipo de aire acondicionado debe hacer circular un volumen de aire suficiente en todo momento, por dos razones principales:

- 1.- El aire debe estar en continuo movimiento para llevarse la humedad y el calor que rodea el cuerpo, sino se hace esto, los ocupantes se sienten incómodos al poco rato, aun cuando la humedad relativa de la habitación si es comparativamente baja.

2.- El aire debe ser atraído constantemente al acondicionador y hecho pasar sobre el evaporador de enfriamiento, a fin de que la humedad que absorbe de la habitación pueda condensarse y eliminarse por el desagüe.

Aunque el movimiento de un volumen suficiente de aire en todo momento no es esencial, deben impedirse las corrientes directas. La condensación de la humedad en la superficie del evaporador durante el verano produce cierto grado de limpieza, dado que esta humedad absorbe una cantidad considerable de impurezas del aire que pasa por la superficie humedad del evaporador. Al continuar la condensación de humedad, gotea del evaporador y va a parar al drenaje, arrastrando la impurezas consigo. El aire muy sucio o muy contaminado requiere la instalación de filtros especiales.

### **Limpieza y filtrado.**

Existen numerosos dispositivos para la limpieza y filtrado del aire en el mercado. Tales dispositivos sirven para eliminar partículas en suspensión perjudiciales para la salud y el bienestar y que ocasionan daños a la salud. Estas pueden clasificarse como polvo, emanaciones, vapores y humo. El polvo y las emanaciones se asentarán en el aire inmóvil, en tanto que el humo obedece al movimiento y no a la gravedad.

La limpieza del aire resulta efectiva en la remoción del polvo y de aquellos vapores y humos que son solubles en agua pero el carbón y sustancias similares, no se pueden remover

mediante este método de limpieza. Para poder limpiar el aire de esas sustancias, se han desarrollado filtros de tipo seco y viscoso, para llenar los requisitos del aire limpio, un filtro de aire debe reunir los requisitos siguientes:

1. Ser eficiente en la remoción de impurezas tales como el polvo, polen, gérmenes varios etc.
- 2.- Ser eficiente a diversas velocidades del aire.
- 3.- Poseer una alta capacidad de retención del polvo sin un aumento de resistencia excesivo.
- 4.- Ser fácil de limpiar y manejar, o poseer la facultad de auto limpieza.
- 5.- Dejar el conducto del aire que pasa por el filtro o limpiador libre de humedad de los líquidos de carga usados en el limpiador.

En la clasificación de filtros de aire se determina de acuerdo con los métodos usados en la forma siguiente:

- 1.- Equipos para filtrar
- 2.- Equipos para lavar
- 3.- Combinación de ambos.

Existen varios tipos de filtros divididos en dos clases principales:

- 1.- Secos
- 2.- Húmedos

El tipo húmedo puede subdividirse, a su vez, en manual y semiautomático.

### **Filtros secos.**

Los filtros secos se hacen por lo general en unidades normales de capacidad definida y predeterminada y de resistencia al paso del aire. Al diseñarse la instalación, debe incluirse un área de filtro amplia de modo que la velocidad del aire que pasa por los filtros no sea excesiva, de otro modo no se obtendrá una filtración correcta. El área puede obtenerse montando el número necesario de filtros en un marco de hierro. Los filtros secos pueden proveerse de materiales permanentes los cuales pueden remover el polvo y otras impurezas, por medios neumáticos o por vibración.

La parte interior del filtro esta compuesta de un número de placas de aluminio perforadas, colocadas en serie y recubiertas con un filamento incombustible. El aire que pasa por la célula es dividido en corrientes muy finas por las perforaciones de modo que las partículas de polvo son proyectadas contra el filamento por el cambio de dirección de aire entre las placas. En el filamento son atrapadas las partículas, que son depositadas en las superficies planas intermedias.

### **Tipo húmedo o viscoso.**

Este tipo de filtro emplea un adhesivo o pegamento en el cual quedan atrapadas las partículas; emplea también varias capas, de fuerte compresión, de tamices, pasajes sinuosos, lanilla de cristal, y de dispositivos similares, todos fuertemente impregnados de materia viscosa y colocados estratégicamente en la ruta del aire. El aire se divide en

pequeñas corrientes que cambian constantemente de dirección y fuerzan las partículas mas pesadas contra las superficies recubiertas con la materia viscosa, donde quedan atrapadas.

Existen tres tipos principales de filtros viscosos o húmedos :

- 1.- Reemplazables
- 2.- Limpiador a mano
- 3.-Limpiador automáticamente

## **CAPITULO DOS**

### **PSICROMETRIA.**

#### **2.1 Definición**

Psicometría es la rama de la física que estudia la medida o determinación de las condiciones atmosféricas, particularmente aquellas que analizan la humedad mezclada con aire. En todos los cálculos hechos sobre acondicionamiento de aire deberá entenderse que el aire seco y el vapor de agua que componen la atmósfera son entidades separadas, cada una dotada de sus características propias. Este vapor de agua no se disuelve en el aire en el sentido de que pierde su propia individualidad, si no que sirve tan solo para humedecer el aire.

#### **2.2 Mezclas de aire y de vapor de agua.**

El vapor de agua es una forma gaseosa de agua a una temperatura inferior al punto de ebullición de esta. Es el constituyente mas variable de la atmósfera. A ciertas temperaturas y presiones barométricas es inestable en extremo, tanto en forma gaseosa como en forma líquida. Esto es evidente por la formación y desaparición de nubes y niebla. El vapor de agua constituye aproximadamente el 3% del aire total por volumen en un clima cálido y húmedo, y aproximadamente 1/5 de 1% del aire total por volumen en climas fríos y secos. El vapor de agua es, en realidad, vapor a presión muy baja; por lo tanto, sus proporciones son aquellas del vapor a bajas temperaturas y sus acciones pueden compararse con las de este.

### **2.3 Humidificación y deshumidificación.**

El aire se humedece cuando se le añade humedad, y como es lógico, se deshumedece cuando dicha humedad se remueve o suprime. Podrá tal vez parecer extraño que la adición de humedad y al aire y la remoción de la misma sean dos de los elementos esenciales del acondicionamiento correcto del aire. Parece extraño que la cantidad de humedad del aire existente en el aire de una habitación debe de tener algún efecto sobre la comodidad personal del ocupante. Un exceso de deficiencia de humedad, sin embargo, ejerce un efecto muy notable que se hará inmediatamente aparente una vez que se comprenda perfectamente el significado del término de humedad relativa.

#### **Humedad relativa.**

Puede definirse la humedad relativa como la relación de la cantidad de vapor presente realmente en el aire a la mayor cantidad posible en una temperatura dada. De esto se deduce que la humedad relativa del aire a una temperatura dada puede obtenerse sencillamente dividiendo la cantidad de humedad existente realmente en el aire entre la cantidad de humedad que puede soportar el aire a esa temperatura dada, y multiplicando el resultado por 100, a fin de obtener el factor de porcentaje.

#### **Medidas de la humedad relativa.**

La humedad relativa se mide por un instrumento conocido como el psicrometro de banda. Este instrumento consiste simplemente en dos termómetros ordinarios sujetos firmemente en

un marco, al cual se le agrega una cadena. Por medio de esta cadena puede hacerse voltear el instrumento (para darle vueltas libremente), a fin de que entre en contacto con la cantidad mayor posible de aire. Alrededor del bulbo de un termómetro se encuentra un pequeño trozo de tela que se humedece con agua al tomar una lectura. La función del instrumento se basa en la evaporación de humedad del bulbo del termómetro húmedo hace que su lectura sea inferior a la del termómetro seco. La proporción de evaporación depende directamente de la cantidad de humedad en el aire en el momento de efectuar la comprobación. La diferencia entre ambas lecturas permite encontrar la humedad relativa.

#### **Granos de humedad.**

Los granos de humedad representan el peso del vapor de agua presente en un pie cúbico de aire. El grano es una unidad de peso. Es la unidad básica del sistema británico de pesas y medidas, y se deriva del peso de un grano de trigo. Hay 7000 granos en una libra. Por consiguiente, un grano de humedad equivale a  $1/7000$  granos en una libra.

#### **Volumen específico.**

El volumen específico es el número de pies cúbicos de aire húmedo que se requiere para contener una libra de moléculas de aire seco. El volumen específico es la recíproca de la gravedad específica. Es igual (cuando la gravedad específica se refiere a agua a 4 C. como norma) al número de centímetros cúbicos ocupados por un grano de una sustancia determinada.

### **Temperatura del punto de rocío.**

La temperatura de saturación para cualquier cantidad dada de vapor de agua en la atmósfera se conoce como el punto de rocío. Por definición, el punto de rocío es la temperatura de saturación para una presión atmosférica dada. Puesto que esta es la temperatura a la cual la humedad comienza a asumir la forma de minúsculas góticas de agua o rocío.

### **Temperatura efectiva.**

Tal como aplicada al acondicionamiento de aire, la temperatura efectiva es un índice, determinado empíricamente, del grado de calor o frío del cuerpo humano, y toma en cuenta la temperatura, el contenido de humedad, y el movimiento del aire circundante. Las temperaturas efectivas no constituyen estrictamente un grado de calor en el mismo sentido que lo constituye las temperaturas de los bulbos secos; por ejemplo, la temperatura efectiva puede disminuirse mediante el aumento de la proporción del flujo de aire, aun cuando las temperaturas de los bulbos secos y húmedos permanecen constantes. Para el enfriamiento y la calefacción de un espacio determinado, sin embargo, el factor de movimiento de aire se considera como una constante de 20 pies por minuto aproximadamente, y bajo estas condiciones, la temperatura efectiva se determina solamente por las lecturas de los bulbos seco y húmedo del termómetro.

### **Temperatura de bulbo seco.**

Se usa un termómetro ordinario para medir la temperatura de bulbo seco. Se usan dos tipos de liquido en los termómetros: Alcohol y mercurio. El termómetro de alcohol es mas común por que es mas barato y puede medir el alcance normal de la temperatura del aire. Dado que el mercurio se congela a -38 F. aproximadamente, los termómetros de mercurio no son prácticos para medir temperaturas bajas en extremo.

### **Temperatura de bulbo húmedo.**

Esta es la temperatura a la cual el aire se satura si se le añade humedad, sin adición o sustracción de calor. Así, si el bulbo de un termómetro ordinario se envuelve con un paño humedecido, colocada en una corriente de aire y sobrecalentada con vapor de agua, se tendrá una lectura inferior al de bulbo seco. Lectura mínima así obtenida del bulbo húmedo del aire.

### **Depresión de bulbo húmedo.**

Dado que el aire exterior en verano rara veces se satura a plenitud, existe una diferencia considerable entre sus temperaturas de bulbo seco y bulbo húmedo. La diferencia entre las dos temperaturas recibe el nombre de depresión de bulbo húmedo.

### **Índice de temperatura humedad.**

El índice de temperatura húmeda describe numéricamente la incomodidad ocasionada en el ser humano por la temperatura y la humedad. Se realiza mediante la suma de las lecturas de bulbo seco y bulbo húmedo, multiplicando la suma por .04 y añadiendo 15. Los estimados de verano indican que aproximadamente el 10% de la población se sienten incomoda antes de que el índice pase de 70 mas del 50% después de pasar el 75% y casi todos a 80 o mas.

### **Contenido calorifico total.**

El contenido calorifico total es aquella energia calorifica almacenada en aire gaseoso y en el vapor de agua, medidos en BTU. Todos los distintos métodos de tratar el aire pueden trazarse en la tabla psicrometría.

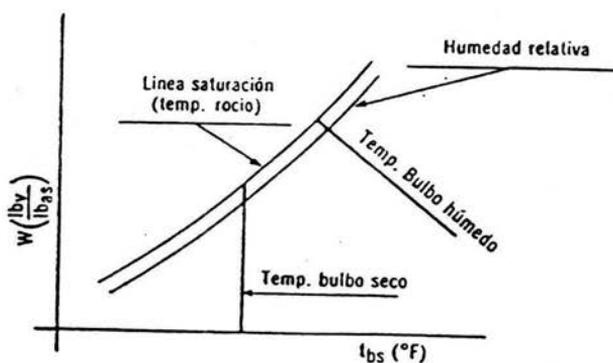
La magnitud de los cambios requeridos pueden tratarse a las condiciones del aire que entran y salen del aparato y conectando entonces los dos puntos por una línea recta.

## **2.3. TABLAS PSICROMETRICAS**

Una tabla psicrometrica es una representación gráfica de las tablas y con ella se puede analizar gráficamente las propiedades psicrometricas y se facilita la solución de diferentes problemas.

La carta muestra, basicamente, la relación entre las cinco siguientes propiedades del aire.

- 1) Temperatura de bulbo húmedo.
- 2) Temperatura de rocío.
- 3) Temperatura de bulbo seco.
- 4) Humedad relativa.
- 5) Humedad específica.



Carta psicrométrica.

Las lecturas de las tablas pueden obtenerse para temperaturas de bulbo seco, de bulbo húmedo y de punto de rocío, y otras propiedades de tratamiento calorífico. Pueden utilizarse tres fórmulas básicas para determinar:

La mayoría de los cálculos para acondicionamiento de aire se llevan a cabo dando por hecho que se tiene en consideración temperaturas normales y presión a nivel del mar igualmente normal, pero ocasionalmente las aplicaciones industriales de alta temperaturas y otras exigirán la conversión de las condiciones normales.

## CAPITULO TRES

### CARGA DE ENFRIAMIENTO Y CALENTAMIENTO.

#### 3.1 Generalidades.

Es muy importante conocer en los sistemas de acondicionamiento de aire, la manera de calcular las cargas y las unidades utilizadas Una tonelada de refrigeración se define como la cantidad necesaria para fundir una tonelada de hielo en 24 horas, lo cual es equivalente a 12,000 Btu/h.

Cuando se emplea el termino aire acondicionado es natural que se piense en el control de las condiciones del aire en el verano. El sistema de aire acondicionado, debe cumplir con factores que afectan las condiciones en verano e invierno. En general son de carácter opuesto. En invierno debemos añadir calor y humidificar, en verano queremos retirar calor y deshumidificar. El acondicionamiento durante el verano implica enfriamiento, de tal modo que se tenga un ambiente de temperatura menor que la de los alrededores y bajo este aspecto el acondicionamiento de aire necesita usar equipo de refrigeración. Pero estos conceptos opuestos tienen dos cosas en común: calor sensible calor latente, como se definieron previamente en psicometría.

#### 3.2. Transmisión de calor.

En un espacio la carga térmica debe eliminarse por medio de enfriamiento, el calor producido por las siguientes fuentes :

- 1.- La transmisión de calor a través de obstáculos o barreras tales como paredes,puertas,ventanas,cielos falsos, pisos y divisiones, el causado por las diferentes temperaturas que se tienen en los dos lados de la barrera.
- 2.- Calor producido por efectos solares.
  - a. Transmitido por radiación a través de ventanas y absorbido en el interior por superficie y mobiliario.
  - b. Absorbido por paredes o techos expuestos a los rayos solares y transferido al interior.
- 3.- Calor y humedad introducidos con la infiltración del aire.
- 4.- Carga de calor de los ocupantes(sensible y latente).
- 5.- Carga de calor de aparatos, alumbrado y equipo.

Los factores de calor latente se derivan de:

- 1.- La humedad cedida por las personas.
- 2.- La humedad en aparatos y baños
- 3.- La humedad introducida con el aire de ventilación.

El calor latente se expresa en BTU. Como podemos darnos cuenta hay factores externos e internos.

La ganancia de calor a través de paredes pisos y cielos rasos, variara con el tipo de construcción, el área expuesta a diferentes temperaturas, el tipo de espesor y aislamiento y la diferencia de temperaturas entre el espacio refrigerado y el aire ambiente.

La transferencia de calor a través de cualquier material también esta sujeta o afectada por la resistencia de la superficie al flujo de calor y esto esta determinado por el tipo de superficie, rugosa o suave; suposición vertical, u horizontal, sus propiedades reflectivas y el movimiento del aire sobre la superficie.

Se han hecho extensas pruebas en los laboratorios para determinar valores precisos de la transferencia de calor a través de todos los materiales comunes en edificios y estructuras. Ciertos materiales (como los aislantes) tienen alta resistencia al flujo de calor: otros no son tan buenos.

### **Resistencia térmica.**

Para simplificar la tarea de calcular las perdidas de calor, la industria ha desarrollado un termino de medida llamado resistencia R, el cual es la oposición al flujo de calor de una pulgada de material o de un espesor especificado o de un espacio de aire, una película o un conjunto completo. Su valor se aprecia en valores de grados F. de diferencia de temperatura por BTU por hora por pie cuadrado. Los Valores de R altos indican bajas perdidas de flujo

de calor. La resistencia de varios componentes de una pared pueden sumarse para obtener la resistencia total:

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 \dots R_N$$

La cantidad real de transferencia de calor (Q) a través de una sustancia o material se calcula por la formula:

$$Q = U \times A \times DT$$

Donde Q= a transferencia de calor, BTU por hora

U= coeficiente de transferencia de calor total

Btu/h pie cuadrado F.

$$U = 1 / R_T \quad (\text{para un conjunto } R_T = R_1 + R_2 + R_3 \dots + R_N)$$

Además el equipo de enfriamiento debe ser adecuado para proporcionar aire de ventilación a la temperatura deseada del espacio.

### 3.3 Procedimiento

Transmisión de calor a través de barreras. La transmisión de calor a través de barreras, se calcula por la ecuación uno.

Para el caso de la carga de enfriamiento, la temperatura exterior normalmente es mayor que la temperatura interior y en consecuencia es la siguiente:

$$Q = UA(t_o - t_i) \dots\dots\dots 1$$

de tablas se selecciona la temperatura de bulbo seco interior que se usara para el diseño y por lo general se le considera de 80F.

La temperatura de bulbo seco es variable durante el día. La ecuación 1 no es aplicable en muchos casos en que se tienen efectos muy complicados de energía solar, los cuales pueden aumentar notablemente la temperatura de la superficie exterior a un valor que exceda en mucho la temperatura de la superficie exterior ,por lo que no resulta correcto en estos casos usar el valor de la temperatura del aire exterior.

### **Calor de efectos solares.**

Cuando chocan los rayos solares contra un plano de vidrio se refleja una pequeña cantidad de su energía y el vidrio absorbe algo de la energía aumentando en consecuencia su temperatura, pero la mayor parte de la energía pasa a través del mismo. La radiación solar que penetra depende del ángulo de incidencia de los rayos sobre la ventana y se tendrá una mayor radiación reflejada mientras mas difiera este ángulo del valor de 90 . En el caso de vidrio simple y limpio que este perpendicular a los rayos de 87 % de la radiación pasa a través de el.

La intensidad de la radiación solar sobre las paredes o a través de las ventanas varía con la hora del día, con la orientación de las paredes y ventanas con el día y la estación del año, y con la latitud. El calor solar que pasa a través de las ventanas es principalmente absorbido por los muebles colocados en el interior y por las paredes interiores y pisos. Parte de este calor es rápidamente entregado calentando el aire interior; pero el calor que fluye hacia pisos y paredes no calienta el aire del cuarto sino varias horas después, de tal manera que la temperatura máxima del aire interior va retrasada con respecto a la temperatura máxima que se tiene por radiación solar.

El vidrio, que es relativamente diatermico a la energía radiante del sol, actúa como una pantalla que evita tener flujo al exterior por la radiación de baja temperatura que se tiene en el interior del edificio. Una pequeña cantidad de energía solar transmitida al espacio podrá ser radiada al exterior debido al efecto trampa de radiación del vidrio a baja temperatura (gran longitud de onda). Cuando el sol alumbra directamente sobre el vidrio o cuando el vidrio recibe radiación difusa de superficies calentadas por el sol, el vidrio se calienta hasta una temperatura mayor que la exterior y por lo tanto, se transmite el calor a través de dicho vidrio.

El calor entregado por radiación solar puede reducirse con el uso apropiado de toldos, persianas venecianas o sombras, las cuales reducen la carga del equipo de aire

acondicionado. Al utilizar toldos, o algunos otros obstáculos a los rayos solares,seran mas efectivos si se colocan por fuera de la ventana.

Para paredes y techos los cálculos de la ganancia de calor solar son mas complicados; pues el sol al calentar las superficies ocasiona un flujo variable de calor hacia el espacio, aumentando el valor de la temperatura hasta un valor máximo para luego bajar dicho valor.

Las relaciones muy complicadas asociadas con este problema pueden simplificarse usando el concepto temperatura -sol-aire.

La temperatura sol aire es la temperatura ficticia del aire exterior que en ausencia de todos los efectos de radiación da la misma capacidad de calor que llega a la superficie que la que se tiene en las condiciones reales de radiación solar, cambios de energía radiante y cambios de calor convectivos.

### **Infiltración de aire y humedad.**

El aire de infiltración entra por fugas a través de hendeduras en las ventanas, a través de las puertas cuando estas se abren.

Para el caso de un sistema de aire acondicionado en el cual se tiene el suministro adecuado de aire de ventilacion,y en el cual el aire acondicionado que no tiene ventiladores de extracción, las, perdidas por infiltración se reducen mucho y pueden aun cesar cuando el aire suministrado fluye hacia afuera. En otras palabras, cuando el sistema de ventiladores



produce un exceso de presión dentro del espacio la infiltración se reduce o es eliminada. El aire de filtración que llega a un espacio introduce con el no solamente la temperatura alta del aire exterior con la cual se tiene asociada la carga sensible al enfriarlo hasta la temperatura interior, sino también la humedad correspondiente del aire exterior, lo cual introduce una carga latente en el espacio.

Independientemente el aire de filtración en los sistemas de acondicionamiento de aire deben circular una cierta cantidad de aire nuevo necesario para la ventilación, deben además reciclar una cantidad suficiente de aire, la cual pasa a través del equipo acondicionador y al entregarlo al espacio tiene que absorber la carga sensible de todas las fuentes; al mismo tiempo el aire suministrado aumenta su contenido de humedad al absorber la carga térmica latente.

La carga térmica cedida por los ocupantes de un espacio depende del tipo de actividad de las personas y se divide en dos partes: La parte asociada con el enfriamiento sensible de las personas y la parte asociada con el enfriamiento latente de las personas.

La carga térmica producida por equipos varios instalados en un espacio debe siempre considerarse, esta parte de la carga térmica en los cálculos del sistema tiene que considerarse con mucho cuidado, si es en forma sensible una parte y el resto latente. Se tiene que asegurar si también esta parte de la carga térmica realmente se tiene dentro del espacio. Por

ejemplo si se tiene un motor en el espacio acondicionado, que esta haciendo girar a un eje cuya carga esta en otro cuarto, la contribución de carga térmica al espacio acondicionado es solamente lo correspondiente a la energía eléctrica suministrada y a las pérdidas mecánicas y el trabajo en el eje (potencia utilizada) es distribuido en otra parte. Análogamente, si se tiene un quemador de gas en un espacio acondicionado y calienta agua o algún otro material que se usara en otra parte, en este caso no deberá cargarse toda la energía de la combustión al espacio acondicionado.

El calor equivalente de la energía entregada al aire por el ventilador es entregado por el sistema de ductos al espacio acondicionado. Su calculo puede ser fácil al conocer los caballos aire proporcionado al aire. Sin embargo los cálculos de la carga sensible se agregan un 10% para imprevistos y dentro de esta cantidad se supone que queda considerada la carga del ventilador.

El aire de los ductos que pasan a través de un espacio no acondicionado absorbe una cierta cantidad de calor y transmite una carga adicional al sistema de acondicionamiento. Esta carga puede ser grande si se tienen ductos de gran longitud, por lo que esta carga deberá ser calculada.

Aire de ventilación: hay que suministrar aire para ventilación en cantidad suficiente para satisfacer los códigos y reglamentos cuando estos se apliquen; pero aun cuando no se

apliquen deben suministrarse suficiente ventilación a fin de controlar el nivel de olor para satisfacer las condiciones de confort de los ocupantes o de las condiciones requeridas del equipo de almacenado. Desde el punto de diseño de cargas de enfriamiento, tendrá que proporcionares no menos de cinco a siete y medio pies cúbicos por minuto de aire nuevo por persona cuando no se este fumando y de 25 a 40 pies cúbicos por minuto por persona si esta se encuentran fumando.

La carga de ventilación es independiente de la que se tiene en el espacio interno si el aire de ventilación es pasado a través del acondicionador y se enfría antes de entrar al espacio acondicionado. Esto es un contraste con la infiltración de aire caliente que entra directamente al espacio y su carga debe ser eliminada junto con las otras cargas técnicas que se tienen en el espacio.

Al analizar el rendimiento de un equipo de enfriamiento, un método que se utiliza es el llamado factor de desviación. Cuando se usa este método se considera que una parte del aire pasa a través del enfriador sin producir enfriamiento, mientras que el resto pasa y adquiere la temperatura del serpentín. La primera parte se conoce aire de desviación, se considera que no se altero su temperatura y puede considerarse que entra directamente a la carga del espacio condicionado de la misma manera que lo hace el aire de filtración. La mezcla en la salida es un promedio de los dos tipos de aire.

### **3.4 Obtención de las dimensiones del local o edificio.**

1.- Las dimensiones de una nueva estructura se obtiene usualmente de los planos del local o edificio. Al menos debe verificarse una dimensión para cada dirección sobre cada hoja de los planos. Si una dimensión no corresponde a la medida a escala.

2.- Los planos para estructuras existentes deben usarse solo después de que han sido comparados con la estructura. En muchos casos, las medidas tendrán que obtenerse del local o edificio.

3.- Cuando se hacen las mediciones para calcular la transmisión de calor, las dimensiones y áreas para pasillos usualmente se incluyen con aquellas de los cuartos adyacentes.

### **Longitud de pared expuesta.**

Una pared expuesta es aquella que encara al exterior y puede estar sobre o bajo el nivel del piso. En estructuras existentes la longitud de la pared se mide desde la superficie interior a la superficie exterior de las paredes opuestas. Las dimensiones registradas sobre los planos usualmente son entre líneas de centro de las paredes opuestas. Si las dimensiones se obtienen por medición real o de planos de planta, se ajustan al pie mas cercano en la hoja de trabajo.

### **Altura de la pared expuesta.**

La altura de la pared se aproxima al medio pie mas cercano.

### **Área de pared.**

El área de pared expuesta de un edificio es igual a la longitud de la pared expuesta multiplicada por su altura .

### **3.5.Consideraciones para la carga de enfriamiento y calentamiento.**

#### **Carga de enfriamiento.**

Las consideraciones que se toman serán las siguientes:

- 1.- Carga de transmisión por efectos solar a través de las paredes y a través del techo del edificio:
- 2.- Transmisión por efecto solar a través de partes de vidrio sobre las paredes
- 3.- Ganancia de calor por transmisión en paredes y a través del piso.
- 4.- Ganancia de calor de persona en el espacio.
- 5.- Ganancia de calor de fuentes varias y del equipo.
- 6.- Ganancia del calor del aire de filtración.

#### **Cantidades de aire para la carga de enfriamiento.**

La cantidad de aire de circulación debe ser la adecuada para manejar la carga de enfriamiento. Mientras menor sea la temperatura del aire suministrado menor será la cantidad de aire necesario para circulación, pero la temperatura mínima es determinada por el arreglo que se tenga en cada sistema, por la necesidad de evitar tiros de aire de paso por zonas mas frías, por la altura del cielo falso y por el alcance o tiro necesario de rejillas. En

las instalaciones para acondicionamiento en el verano en general la temperatura de diseño de aire de suministro es de 5 a 20o menor que la temperatura del 4o. En ciertos lugares se usan toberas diseñadas especialmente para usarse en locales apropiados y en que la temperatura de suministro es de hasta 30o menor que la del cuarto. Para fines prácticos la diferencia de la temperatura del aire suministrado del aire del cuarto no deberá exceder de 2o por pie de altura entre el piso y el cielo falso. Se deberán usar rejillas y toberas especiales para otras diferencias, pero el valor anterior de 2o, no deberá excederse al efectuar los cálculos preliminares. Deberán seguirse las recomendaciones de fabricantes para el uso de rejillas y toberas para las diferencias de temperaturas finales, así como para el tiro esperado de aire y para la distribución del mismo.

#### **Carga de calentamiento.**

Las partidas que se consideran para calcular la carga de calentamiento de un local o edificio espacio son:

- 1.- Calor perdido a través de áreas de paredes expuestas al exterior, incluyendo lo que se pierde a través de paredes exteriores, techos o de cielo raso a áticos sin calefacción y a través del piso de espacios sin calefacción, pero no se incluyen ventanas ni áreas de puertas.
- 2.- Calor perdido a través de superficies de vidrios y puertas.
- 3.- Calor necesario para calentar el aire que entra por infiltraciones a través de ventanas exteriores y hendeduras de puertas y por otros lados donde se tenga fuga. En proyectos

completos de aire acondicionado con ventanas selladas, esta partida puede estar construida por el aire de ventilación tomado del exterior

4.- Otras diversas necesidades de calor, como humidificación del aire exterior y factores de seguridad para tomar en cuenta algunos imprevistos.

**Partida 1.** La partida 1 constituye principalmente las llamadas pérdidas de aislamiento del edificio. Los métodos generales del cálculo de estas pérdidas para varios tipos de construcciones de

edificios se aplican con la siguiente fórmula.

$$Q_w = U_w A_w (t_i - t_e) \text{ Btu transmitidos por hora}$$

En esta ecuación  $A_w$  representa el área neta de pared en pies cuadrados del espacio o cuarto analizado y es igual al área total expuesta menos el área de ventanas y puertas que existen en el espacio considerado. Para el cálculo del área total de la pared se considera la longitud (en pies) del área expuesta medida en el interior y la altura (en pies) como la distancia de piso a piso cuando el espacio por calentarse está en la parte superior (o de otro modo utilice la altura hasta el cielo raso). El área de ventanas y puertas que es la suma de las áreas de los marcos de ventanas y puertas exteriores deberá restarse de la pared expuesta.

La temperatura interior  $t_i$  que deba usarse en el espacio calentando deberá ser modificada por la altura del espacio o del cuarto. Los valores de las temperaturas interiores de diseño deberán seleccionarse para el tipo de espacio en particular; sin embargo, un valor de 70 F es normalmente tomado. Al seleccionarse la temperatura de diseño dentro de esto, deberá

considerare la humedad relativa probable del lugar y lo frío que se tenga en las paredes y ventanas expuestas en el lugar considerado.

En ocasiones la humedad relativa en los espacios calentados durante el invierno puede ser de menos del 30% ,deberá tenerse una temperatura de bulbo seco mayor para dar el mismo grado de comodidad que si se tuviera una humedad relativa de 45 a 50%. Esto se presenta cuando existe una baja temperatura y no hay la humidificación necesaria,pues el aire seco exterior que entra por infiltración podrá reducir la humedad relativa a valores tan bajos como 10 a 25 %. Cuando existen bajas humedades relativas los ocupantes sienten como si estuvieran en un espacio frío de temperaturas de uno a cuatro grados . En un edificio o espacio con áreas de vidrios muy fríos o con paredes mal aisladas perderá calor por radiación y lo hará sentirse mas frío en relación a un ambiente con temperaturas de bulbo seco adecuada. Mediante esto podemos seleccionar las máximas temperaturas recomendadas.

La temperatura de diseño exterior te deberá seleccionares. Estas temperaturas mínimas no deberán usarse como temperaturas de diseño, ya que ellas ocurren raras veces y son de corta duración; cuando solo se tiene un dato de valores mínimos deberá usarse una temperatura de 10 a 15 grados mayor que la temperatura mínima. Una técnica que ha sido empleada para seleccionar la temperatura de diseño exterior considera los excesos durante el 97.5% del tiempo durante los meses de diciembre,enero,febrero,y marzo.

Partida 2. Para el calculo de perdidas por ventanas y puertas se usa la siguiente ecuación:

$$Q_g = U_g A_g (t_i - t_e) b t u h$$

se selecciona  $U_g$  de tablas. El área de ventanas es el área total de ventanas con marco y de las puertas correspondientes. Para ventanas altas o cuando se desea mucha exactitud deberá considerarse la temperatura a la altura media de la ventana en lugar de  $t_i$ .

Partida 3. La cantidad de aire que pasa a través de hendeduras y claros alrededor de ventanas y puertas dependerá principalmente de lo hermético de la construcción y de la velocidad del viento. Las fugas se aumentan por cualquier efecto de chimenea en el edificio, debido a la altura de la misma y a la diferencia de temperaturas del aire interior y exterior. La longitud de la hendedura en la mitad si se tiene ventana de doble bastidor .

El aire infiltrado que entra a un edificio sale en la misma proporción en que entro. Sin embargo, en el caso de un edificio con varias divisiones interiores y de construcción hermética, el aire entrara por el lado por donde sopla el viento y la infiltración se reducirá si en el interior se tiene una ligera presión positiva. En general, puede considerarse que el aire que entra por infiltración lo hace por donde esta soplando el viento y sale por el lado opuesto (o a través de salidas que se tengan), de tal manera que solamente la mitad del perímetro de hendeduras que se tengan en el cuarto deberán considerarse para el calculo de perdidas por infiltración. Al considerar un simple cuarto con una sola pared expuesta, deberá considerarse el perímetro de hendeduras; pero en ningún caso se deberá considerar menos de la mitad del perímetro de hendeduras.

## CAPITULO CUATRO

### PRINCIPIOS DE REFRIGERACIÓN

#### 4.1 Principios generales.

La refrigeración la podemos considerar como la eliminación de calor en un espacio dado, cuando un sólido cambia su estado físico de sólido a líquido ( o gaseoso ) absorbe calor de sus alrededores o de otras partes, también un líquido al vaporizarse debe absorber calor. Por ejemplo el amoníaco a la presión atmosférica hierve a  $-28^{\circ}\text{F}$ . y posee un calor latente alrededor de 589.3 btu/lb. El amoníaco si es colocado en un espacio mas caliente que  $-28^{\circ}\text{F}$ ., enfriara el espacio que lo rodea hasta que se evapore. Si se aumenta la presión en el amoníaco hasta que comience a hervir a  $0^{\circ}\text{F}$ . y así podrá producir también enfriamiento, pero en una gama de temperaturas mayores. La refrigeración mecánica hace posible el control de la presión y de la temperatura de refrigerantes en ebullición y también hace posible usar repetidas veces el mismo refrigerante con poca o ninguna pérdida de este. Teóricamente casi cualquier líquido estable no corrosivo puede usarse como refrigerante si este es apropiado para las condiciones deseadas de presión y temperatura.

Los elementos de un sistema refrigeración son los siguientes:

Compresor.

Condensador.

Válvula de expansión.

Evaporador.

Una breve explicación del funcionamiento o de los pasos a seguir en un ciclo de refrigeración serían los siguientes: En el evaporador, al vaporizarse el líquido refrigerante absorbe calor del espacio que va a ser enfriado. El vapor refrigerante de baja presión (b-p) es forzado hacia el compresor, el cual eleva la presión y temperatura del refrigerante para entregarlo después al condensador. El refrigerante debe ser comprimido para tener una temperatura de saturación mayor que la temperatura del medio usado para enfriarlo, de tal manera que se tenga disipación de calor en el condensador.

Después de efectuada la eliminación de calor y la condensación en el condensador, el líquido refrigerante puede pasar a un receptor o depósito para almacenamiento. El líquido refrigerante de alta presión (a-p) pasa luego a través de la válvula de expansión, donde se efectúa un estrangulamiento (caída) hasta la presión que se tiene en el evaporador del sistema.

Durante el paso a través de la válvula de expansión se enfría el líquido refrigerante a expensas de la evaporación de una parte del líquido. En un sistema de refrigeración, el valor de la presión baja que se tiene en el evaporador es determinada por la temperatura que se desea mantener en el espacio enfriado. La presión alta en el condensador es determinada en última instancia por la temperatura disponible del medio enfriador, tal como agua de circulación o la atmósfera (temperatura del aire). El proceso se verifica de modo que el refrigerante absorbe calor a baja temperatura y entonces por la acción de un trabajo mecánico, el refrigerante eleva su temperatura para permitir el rechazo de este calor. El trabajo mecánico o energía suministrada al compresor es el medio usado para elevar la

temperatura del sistema. Los compresores pueden ser actuados de diferentes maneras, motores eléctricos, maquinas de vapor, motores de combustión interna, etc.

### **Compresores reciprocantes.**

Se usan compresores reciprocantes y centrifugas. Los compresores centrifugos usan refrigerantes de baja presión (tipo vacío) y generalmente son de capacidades altas, 75 ton o mas de refrigeración. Las maquinas reciprocantes son mas usadas y la capacidad de las mismas es desde fracción de tonelada a mas de 100 ton por unidad. Estas maquinas se construyen como unidades verticales u horizontales, con modificaciones en unidades, con cilindros radiales y disposición de los cilindros en X o Y. La mayoría de estas unidades son de acción simple en las unidades de doble acción (el refrigerante es comprimido por ambos lados del pistón) generalmente son del tipo horizontal. Las velocidades de pistones en compresores de cualquier tipo raras veces exceden de 700 pies por min. y en general tienen valores mucho menores. , reciprocantes son mas usadas y la capacidad de las mismas es desde

### **Compresores centrifugos**

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

## **Condensadores**

Las unidades condensadoras para refrigeración son construidas de muchas formas y diseños.

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

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

Para los llamados condensadores de tipo atmosférico, el agua baja pasando por el exterior de los tubos, los cuales están instalados en el exterior, generalmente en el techo del edificio; en la actualidad raras veces se colocan debido a la gran superficie que requiere su instalación.

Los condensadores evaporativos son muy efectivos, tienen superficies con aletas, se regula el agua atomizada que se utiliza y se tiene circulación forzada del agua y del aire.

## **Evaporadores**

Los evaporadores en refrigeración se clasifican de acuerdo con la forma en son usados:

Expansión directa.

Expansión indirecta.

Un evaporador directo es aquel en el cual el refrigerante hierve en los serpentines del evaporador, y por contacto directo enfría al aire o a la sustancia que está siendo refrigerada.

En un evaporador de expansión indirecta, el agua salmuera u otro medio usado, se enfría por el refrigerante y este medio es bombeado o suministrado para quitar la carga térmica del aire o de algún otro producto. Ambos sistemas tienen ventajas. En sistemas de baja temperatura, la salmuera se entrega desde un punto central a los diferentes puntos donde se le necesite. Constituye a menudo una desventaja el equipo extra usado en la expansión indirecta y las temperaturas bajas necesarias en el evaporador para mantener ciertos productos a la temperatura del aire cuando también puede usarse expansión directa.

Para acondicionamiento de aire donde las temperaturas raras veces son menores de 32 F se adopta el agua como portadora para la expansión indirecta. La salmuera es universalmente empleada para refrigeración de bajas temperaturas. La salmuera empleada es hecha de cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) en concentraciones adecuadas para evitar congelamiento. Además de las salmueras se usan como portadores varios glicoles, porque estos pueden permanecer en forma líquida para temperaturas de  $-40\text{F}$  y aun a menos temperaturas. Entre los glicoles más extensamente usados están el etileno y el propileno. Tanto salmueras como glicoles deben proporcionarse con inhibidores para evitar corrosión interna del metal.

Los evaporadores de tubo en coraza pueden ser construidos soldando los extremos (placas con agujeros) a la cubierta tubular (cilindro) y rolado o soldando los tubos pequeños en las placas extremas para evitar el abocardado de los mismos.

Los evaporadores con aletas se emplean frecuentemente para enfriamiento directo del aire.

El exterior del tubo de estos evaporadores es suministrado con bridas extendidas para tener una mayor superficie de contacto con el cabezal y poder tener una o mas vueltas a fin de tenerse la longitud deseada en los circuitos.

Los evaporadores con aletas y de tubos desnudos pueden trabajar inundados con acumuladores, pueden estar parcialmente inundados sin acumulador, o pueden estar secos.

En los evaporadores secos el refrigerante liquido que se suministra es controlado en la válvula de expansión, este circula en cantidad tal que pasa completamente vaporizado o con algún sobrecalentamiento a través de los serpentines.

### **Válvulas de expansión.**

Las válvulas de expansión manuales son muy simples, el vástago de las mismas termina en forma de punto o de cono y son operadas a mano para suministrar la cantidad adecuada de refrigerante.

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

Las válvulas automáticas de flotador en el lado de baja presión operan para mantener un nivel definido en un evaporador de tipo inundado. La cámara de la válvula es igualada al

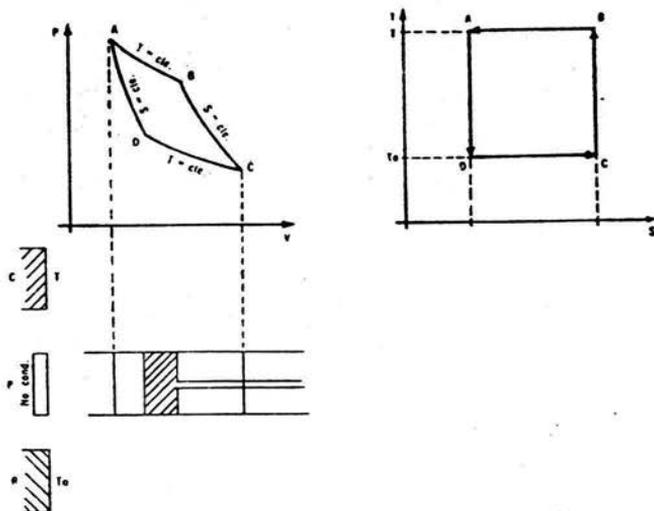
evaporador conectando tubos por arriba y por abajo y es colocada aproximadamente al nivel del liquido que se tiene en el evaporador baja el nivel del flotador y permite la entrada de liquido al evaporador hasta llegar a tener el nivel adecuado.

Las válvulas de expansión térmica son de varios tipos; pero en todas se tiene un bulbo termostatico sujeto al tubo de succión o montado interiormente en dicho tubo, el cual reacciona con la temperatura del gas en la succión a la salida del evaporador. Si la velocidad del flujo refrigerante hacia el evaporador es inadecuada, se indicara una temperatura del refrigerante en la salida y es mucho mayor que la temperatura de saturación de refrigerante en el evaporador. Esta temperatura relativamente alta hace reaccionar el fluido del bulbo termostatico aumentando su presión. Este aumento de presión se transmite a los fuelles o cámara de diafragma operando contra la resistencia de un resorte y empujando el vástago para abrir la válvula de aguja del refrigerante dejando pasar una cantidad mayor de liquido. Estos controles pueden ajustarse después de efectuada la instalación o pueden ser ajustados antes de la instalación a una temperatura definida. Puede ser necesario dar un sobrecalentamiento de 3 a 20 grados F. al flujo a las velocidades que se tengan. Generalmente el fluido termostatico usado en el bulbo es el mismo refrigerante que se utiliza en el sistema.

Las válvulas automáticas con diafragma de expansión(tipo de presión constante) tienen diafragmas conectados a resortes que están actuados por la presión del evaporador. Una disminución de esta presión sobre el diafragma no puede evitar que le resorte mas alejado tenga movimiento y se utiliza este movimiento para aumentar la abertura reducida de la

## 4.2 El ciclo Carnot.

En el análisis termodinámica se usa ampliamente. El ciclo reversible de Carnot, es la teoría básica para cualquier sistema práctico de refrigeración.



AB) Expansion isotérmica.

El calor se toma a una temperatura T del depósito caliente C.

BC) Expansión adiabática.

La temperatura del fluido baja de T a T<sub>0</sub>.

CD) Compresión isotérmica.

El calor es cedido al cuerpo frío R, a una temperatura de T<sub>0</sub>.

DA) Compresión adiabática.

La temperatura del gas se incrementa de T<sub>0</sub> a T.

válvula, lo que permite un mayor flujo de refrigerante. Este tipo de válvula opera para conservar esencialmente constante la presión en la succión y se le llama válvula de presión de regreso constante.

Las válvulas automáticas operadas eléctricamente son también usadas como válvulas de expansión y están conectadas a circuitos de revelación controlados termostáticamente. En las mismas, generalmente se tiene un solenoide que mantiene abierta la válvula contra un resorte, el que cierra la válvula al interrumpirse el circuito eléctrico.

### **4.3 Refrigerantes**

Cuando se debe transferir calor desde el interior de un recinto con el objeto de refrigerarlo, es necesario recurrir a agentes intermedios constituidos por fluidos que puedan pasar fácilmente del estado líquido al gaseoso y recíprocamente, por cuanto el cambio de estado de los mismos que trae siempre una variación de su contenido térmico.

Ciertos fluidos resultan mas ventajosos que otros,siendo empleados de preferencia los que mas adelante se detallan

Condiciones que debe cumplir un refrigerante

Existen ciertas características que los refrigerantes deben de cumplir para ser usados y son los que se exponen a continuación.

1) no deben de ser venenosos, pues de lo contrario representaran un peligro para la salud, cuando se procede a su manipuleo en sus estados líquidos o de vapores, o en caso de producirse escapes por pérdida del sistema.

2) no deben de ser explosivos en su estado natural ni en las mezclas con el aire.

3) no deben de ser corrosivos .

4) no deben de ser inflamables

5) las pérdidas que se produzcan en los sistemas que los emplean deben de ser fáciles de percibirse y localizarse.

6) deben poder operar bajo presiones bajas, o lo que es lo mismo poseer un punto de ebullición bajo, para poder mantener en el evaporador la temperatura deseada, sin que sea necesario para lograrlo tener que recurrir a vacíos muy elevados (alto vacío), pues ello haría poco menos que imposible la entrada de aire al sistema en el caso de pérdidas.

El conjunto de condiciones ideales exigidas en un refrigerante difícilmente puede ser satisfecha en su totalidad, debiendo procurarse que los utilizados en los equipos de refrigeración domestica reúna el mayor numero de esas condiciones optimas. Se han usado numerosas sustancias o agentes refrigerantes, pero en la practica actual solamente se emplean algunas de ellas; especialmente las que se aplican a los equipos domésticos y a los comerciales de pequeño y mediano tamaño. Entre los fluidos mas utilizados para los fines expuestos se usan, entre los del grupo freon , freon 12, freon 22, y el freon 114, el anhídrido sulfuroso y el cloruro de metilo.

## CAPITULO CINCO

### PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE DUCTOS.

#### 5.1 Consideraciones generales.

En cualquier sistema de calefacción, enfriamiento o ventilación con circulación mecánica, el ventilador o ventiladores deben tener la capacidad adecuada en cuanto a cantidad de aire y una presión estática igual o ligeramente mayor que la resistencia total que se tiene en el sistema de ductos. El tamaño de los ductos se escoge para las velocidades máximas de aire que puede utilizarse sin causar ruidos molestos y sin pérdidas excesivas de presión. Los ductos grandes reducen las pérdidas de fricción, pero la inversión y el mayor espacio deben compensar el ahorro de potencia del ventilador. Tiene que hacerse un balance económico al hacer el diseño de las instalaciones. En general debe hacerse un trazado de ductos tan directo como sea posible, evitar vueltas muy agudas y no hay que tener ductos muy desproporcionados. Para un ducto rectangular es buena práctica que la relación del lado mayor al menor sea hasta de 6 a 1 y esta relación nunca debe exceder de 10 a 1.

En el diseño de ductos puede seguirse el siguiente procedimiento :

1. Hacer un trazado del sistema mas conveniente, colocando los diferentes ductos para obtener una distribución adecuada y para facilitar la construcción de los mismos.
2. De acuerdo con la carga de calefacción o enfriamiento calcule las necesidades de aire (pies cúbicos por minuto) para cada salida del ducto, zona o división del edificio.

3. Determinar el tamaño de los ductos ramales de salida empleando las velocidades apropiadas, caídas de presión para suministrar la cantidad necesaria de aire.

4. Calcular el tamaño de cada ducto por uno de los métodos siguientes:

a. Método de velocidades supuesta. Se supone la velocidad en cada una de las diferentes secciones del ducto, esto de acuerdo con la buena practica, se suman las pérdidas en cada una de las partes del sistema para determinar la pérdida total. Una modificación de este método es conocida como el método de reducción de velocidad y en general sigue el procedimiento indicado, pero las velocidades supuestas son reducidas progresivamente en las diferentes secciones del ducto. La velocidad mayor se tiene a la salida del ventilador, y la velocidad en el ducto principal es disminuida después en varios ramales de salida. En general, el método de velocidades supuestas podrá efectuarse sin modificaciones solo para trazado de sistemas de ductos relativamente simples. El control del flujo en los diferentes ramales depende sobre todo de las compuertas que se tengan instaladas.

b. Método de caída de presión constante o método de igual fricción. El ducto es dimensionando de tal manera que las pérdidas de presión por pie de longitud sean constantes. Es posible que las resistencias en los ductos ramales sean esencialmente iguales, a menos de que se tenga mucha diferencia en sus longitudes. Cuando se aplica este método se acostumbra determinar la caída de presión de acuerdo con la velocidad deseada en el ducto principal en la parte mas alejada del ventilador. Los ductos ramales deben tener compuerta para su confort.



BIBLIOTECA  
INSTITUTO DE ECOLOGIA  
UNAM

c. Método de pérdidas de presión balanceadas. Este método emplea algunos de los procedimientos de los métodos indicados en a y b pero cada ducto ramal se diseña de tal manera que tenga la misma pérdida de presión del ventilador, a fin de tener una dependencia mínima en el uso de compuertas. Expresado en otra forma, la presión estática necesaria en el flujo para cualquier ramal es igual a la presión estática del ducto principal en el correspondiente punto de salida. Teóricamente no se necesita usar compuertas en los ramales al emplear este sistema, pero siempre es conveniente tenerlas.

5. Determinar de acuerdo con los métodos descrito en el punto 4, el circuito que tenga la mayor resistencia por fricción. Al determinar dicho circuito no necesariamente el de mayor longitud será el que tenga mayores pérdidas. La resistencia máxima determina la presión estática que el ventilador debe entregar al aire a través de los ductos. Note que el ventilador debe suministrar una cantidad mayor de aire que la indicada en el punto 2, a fin de considerar las fugas que se tengan en el sistema de ductos (algunos veces del orden de 10%) y la transferencia de calor o del aire en el ducto al pasar por espacios no acondicionados.

En el caso de acondicionamiento que forman parte de la misma estructura del edificio de una fábrica, incluyendo el ventilador, la presión estática disponible en el ventilador del acondicionador determina la tolerancia que pueda tener en la resistencia del sistema de ductos. En casos como este, es necesario volver a diseñar el sistema de ductos para una resistencia mayor o menor, para acomodarse a las características del ventilador.

La pérdida de presión del aire que fluye en un ducto es debida a la resistencia del flujo a la fricción, a las pérdidas debidas a cambios abruptos del area del ducto, y a las turbulencias e impactos asociados con cambios de dirección del aire. También se disminuye la presión al aumentarse la velocidad de la corriente de aire. Este cambio ocurre naturalmente cuando se disminuye el área de la sección transversal del ducto (esto es, para cualquier sección convergente). De modo inverso, en una sección divergente o de aumento de sección, puede disminuir la velocidad del aire y como resultado de ello un aumento de la presión. Por desgracia este proceso invertido de aumento de presión al haber disminución de velocidad (conocido como difusión) es una transformación que ofrece dificultades. El aire necesariamente fluye en dirección que aumenta su presión y a menos que la divergencia de la sección sea gradual (el ángulo comprendido menor de 20) se tendrán pérdidas por turbulencia debido a la separación de las corrientes de aire de las paredes del conducto. Se puede tener un aumento de 85 a 75% de la presión que de manera ideal pueda obtenerse usando un conducto muy liso, pero para los arreglos convencionales en ductos, los límites representativos pueden ser de 60 a 50%. Al aumento de presión de este tipo se le llama recuperación. Esta puede tenerse también en un ducto de área transversal constante, cuando el ducto principal va mas adelante de una salida. Por ejemplo, si por un ducto de diámetro constante circulan 4 000 pies cúbicos/min. a 1600 pies/min. y entrega a un ducto ramal 1500 pies cubicos/min., si el resto o 2500 pies cubicos/min. continúan en ducto, la velocidad después de la salida puede ser de solo 1000 pies/min., ya que  $4\ 000/2\ 500 = 1.6$ ,  $1600/1000$ .

**Ecuaciones de recuperación.** Las siguientes ecuaciones para aire estándar en las que se usan los coeficientes empleados en la construcción de ductos típicos pueden dar los aumentos o disminuciones esperadas en la presión.

**La recuperación de presión estática (SPR),** resultado de una velocidad final del aire menor ( $V_f$  pie por minuto), con velocidad del aire de  $V_8$  pies por minuto al principio de la transformación es

Se tiene una pérdida de presión estática (SPL) cuando se incrementa la velocidad, y si se usa una la fórmula, la respuesta es con signo de menos, indicando con ello recuperación negativa de presión estática. El coeficiente debe también ser modificado. La relación que debe usarse es

En el método de diseño de recuperación estática, mencionado anteriormente en esta sección, la velocidad en el ducto principal se reduce después de cada ramal o salida y así se recupera presión estática por la reducción de velocidad o al menos se reducen las pérdidas de presión en la siguiente sección. Debido a esto se dispone esencialmente de la misma presión en todas las salidas y los ramales mas alejados no sean en desventaja respecto de la presión necesaria para la distribución.

Ductos de retorno Los calculos para el diseño de sistemas de ducto de retorno, por lo general se basan en el método de caída de presión constante (igual fricción). Debe conocerse que la cantidad de aire retornado y la caída de presión total en el sistema de retorno no debe exceder la presión negativa en la succión del ventilador. El sistema de retorno tiene que proyectarse con tanto cuidado como el sistema de suministro. Deben instalarse compuertas en los ramales para permitir ajustes en el flujo. Si el sistema originalmente diseñado tiene pérdidas mayores que las permitidas por el ventilador, este deber redimensionarse (aumentándolo) para reducir las pérdidas.

Ganancias o pérdidas de calor en ductos. Cuando el sistema del ducto que conduce aire para enfriamiento pasa a través de un espacio no acondicionado (caliente), su temperatura se eleva por el calor que se transmite hacia el ducto. El calentamiento resultante del aire es un fenómeno muy complicado; la transmisión depende de la relación de superficie perímetro al área de la sección transversal, de la longitud del ducto, de la diferencia de temperaturas, de la velocidad del aire, pues afecta a los coeficientes de convección de la superficie, de la radiación compuesta y de los efectos de convección sobre ambos lados del ducto; del tipo de superficie del ducto, y de la efectividad y tipo de aislamiento. En el caso de aluminio pulido o hierro galvanizado, la baja emisividad de sus superficies a la radiación puede hacer que un ducto desnudo sea mas efectivo en retardar la transferencia de calor que un ducto relativamente mal aislado como con laminas delgadas de asbesto. Se tienen condiciones

similares cuando un ducto con aire caliente pasa a través de un espacio frío, dando lugar a que se tenga enfriamiento en el aire del ducto

## **5.2 Construcción de los ductos.**

El tipo de junta que se emplee dependerá de las facilidades de construcción que se tengan y del calibre del metal. Este debe ser suficientemente grueso para resistir la vibración entre refuerzos; por lo tanto, el espesor debe aumentarse al crecer el diámetro o ancho del ducto.

A partir de la terminación de la Segunda Guerra Mundial se ha hecho más extenso el uso del aluminio en la construcción de ductos. El aluminio es ligero en peso y no ofrece dificultades su fabricación, debido a que tiene más espesor que el acero en igualdad de peso y tiende a ser usado donde se tengan cambios extremos de temperatura.

La designación de los espesores de aluminio deberá darse en fracciones decimales de pulgada, aunque con frecuencia se usan números de calibres. Es desafortunado que los sistemas de calibre usados para el aluminio difieran de los usados para el acero; las laminas de aluminio están descritas con números de calibre de la Brown & Sharp (B & S), y las laminas de acero por la U.S. standard.

Es reconocido que los ductos convencionales no son a prueba de fugas y que no solo todo el aire suministrado por el ventilador es entregado al espacio condicionado. Se acostumbra

suministrar un 10% o mas de aire por el ventilador para compensar las fugas que se tengan en los ductos que van por el exterior del espacio acondicionado.

Hay que evitar cambios abruptos en el tamaño de los ductos para la instalación de equipos tales como calentadores y filtros. Los cambios abruptos en la dirección y en otras condiciones que aumenten la resistencia causan ruidos y reducen el volumen. Deben usarse venas en codos y en algunas otras obstrucciones que modifiquen la corriente. Algunos ductos pueden tener en su interior material absorbente al sonido. El aislamiento empleado contra la transferencia de calor se aplica por la parte exterior del ducto excepto en aquellos sistemas tipo reflejante que transporta aire caliente.

### **5.3 Entrega de aire y distribución.**

El aire debe entregarse al espacio calentado o acondicionado y ha de ser distribuido a los puntos deseados a temperaturas y velocidades que no causen molestias a los ocupantes, el diferencial de temperaturas en la zona ocupado de un cuarto no debe variar mas de 2o, aunque en la temporada de enfriamiento se podrá permitir un diferencial ligeramente mayor. Es conveniente tener un movimiento de aire, que rodea al cuerpo humano, de 25 pies por minuto, pero esta velocidad generalmente excedida cuando se maneja un volumen mayor de aire. Se permite un valor máxima de la velocidad de 50 pies por minuto para confort de personas sentadas y se puede permitir un valor ligeramente superior al máximo cuando la gente esta en movimiento. Es preferible que el aire se dirija hacia el frente de las personas y

no hacia sus espaldas o a los lados. Se prefieren también con respecto a los ocupantes que el flujo vaya dirigido abajo y no hacia arriba.

El tiro o alcance de una corriente de aire es la distancia perpendicular a la superficie de salida del aire, que viaja por la corriente de aire que abandona la salida. El tiro se ensancha grandemente al reducirse la velocidad del aire a un valor de 75 pies por minuto. El aire de salida bajara o se elevara, la dirección dependerá de las diferencias de temperatura (densidad) entre el aire de salida y el aire del cuarto y de la velocidad de la corriente que llegue al cuarto. El aire de suministro, que es mas frío que el aire del cuarto, baja y el aire caliente tiende a elevarse.

## CAPITULO SEIS

### CALCULOS DE LA CARGA DE ENFRIAMIENTO

#### 6.1 Cálculos de carga de enfriamiento.

En este local se consideran las siguientes partidas que intervienen en la carga de enfriamiento y son:

1. Cargas de transmisión por efecto solar a través de las paredes este y sur, y a través del techo del edificio.
2. Transmisión por efecto solar a través de partes de vidrio sobre las paredes este y sur.
3. Ganancia de calor por transmisión en paredes a través de las paredes norte y división oeste, y a través del piso.
4. Ganancia de calor de personas en el espacio.
5. Ganancia de calor de fuentes varias y del equipo.
6. Ganancia de calor del aire de infiltración.

Especificaciones del local para restaurante con aire acondicionado.

Localización.

Pared sur. Longitud interior 22pies al frente, altura 13 pies, ventana de 14 pies de ancho por 8 pies de alto, puerta de vaiven de dos hojas de vidrio satinado de 6 pies por 7.5 pies; el resto de la pared es de ladrillo de 12 plg con yeso interior y tiras de mármol sintético en el exterior se tiene toldo sobre el frente completo

Pared este. Lado a la calle; dimensiones interiores. 50 pies de largo por 13 pies de altura; ladrillo de 12 pulgadas con yeso interior; 3 ventanas metálicas pivoteadas verticalmente de 3 pies por 4 pies, equipadas con toldos.

División pared norte. Divide el área del comedor y la cocina no acondicionada, donde posiblemente se pueda tener una temperatura máxima de valor 109 F; tiene 22 pies de ancho por 13 pies de altura, con dos puertas de vaiven de 3 pies por 7 pies que comunican a la cocina. La división es de marco de madera con tiras de madera, yeso en ambos lados y relleno de lana mineral entre las columnas de madera.

Pared oeste. Adyacente a un espacio no acondicionado; ladrillo de 12 plg con yeso de 3/4 plg en un lado; 50 pies de longitud y 13 pies de altura (dimensiones interiores).

Piso oeste. Formado por vigas convencionales de madera con tiras de madera y yeso por abajo y con linóleum de 1/4 plg, cubriendo el piso.

Cielo falso. Abajo del techo. Construcción: vigas de madera de 4 plg. yeso en la parte inferior y cubierto con tabloncillos de madera de 1 plg. y cubierto con papel para techo.

Equipo en el espacio acondicionado.

Dos cafeteras calentadas con gas, de 3 gal. de capacidad. Un tostador de 2650 W de capacidad.

(se tiene campana arriba de los equipos anteriores, la cual ventila al exterior usando un ventilador pequeño de extracción colocado sobre la pared que da al exterior y en el espacio acondicionado.)

Alumbrado eléctrico: 2400 W total; no se usara durante el tiempo de carga máxima.

Condiciones de diseño: las condiciones de diseño exteriores son de la tabla 17-1\* 95F bulbo seco y 78F bulbo humedo, de la tabla 10-1\*. Se seleccionan las condiciones interiores de diseño para 95F exterior, para aplicaciones normales, 80 F bulbo seco y 67 bulbo húmedo.

Solución.

El área total de la pared 22 pies X 13 pies = 286 pies. El área de vidrio= 14 pies X 8 pies=112pies cuadrados y el área de la puerta (vidrio satinado)= 6 pies X 7.5 Pies cuadrados. De la tabla 6-2 para pared de ladrillo de 22 plg con yeso,  $U=0.34$ ; de la tabla 6-3 se lee una diferencia total equivalente de temperatura de 4 F. a las 12. tiempo solar. Por lo tanto, para la pared neta el calor transmitido es:

$$Q_w = (0.34)(286-112-45)(4) = 175 \text{ btu/h}$$

Para el área de vidrio de 157 pies cuadrados, se lee( a las 12 a.m. latitud norte, para una pared sur) una transmisión de 98 btuh/pie cuadrado. Se corrige por el factor  $F_t = 0.87$  para placa de vidrio, obtenido en la tabla 17-4\* de la tabla 17-5\* se obtiene el factor  $F_a = 0.25$  por toldo que se obtiene en la pared; por lo tanto la transmisión de calor por vidrio es,

$$(98)(0.87)(0.25)=21.3 \text{ Btu/pie cuadrado.}$$

De la tabla 17-3\* se obtiene un valor X de 14 que es la ganancia de calor por convección y radiación y de la tabla 17-5\* el valor de Y es 19. Por lo tanto, el valor corregido por convección y radiación para el vidrio es,

$$1(x)+0.258(y)=14+0.25(19) = 18.7 \text{ Btu/ pie cuadrado}$$

Por lo tanto la ganancia a través del vidrio es

$$(21.3+18.7)(157)=6280 \text{ btuh}$$

De modo que la ganancia total para la pared sur

$$175 + 6280 = 6455 \text{ btuh}$$

**Pared este**

El área total de la pared= 50 pies x 13 pies = 650 pies cuadrados. El área de vidrio =3 (3 pies X 4 pies )= 36 pies cuadrados. por lo tanto, el área neta de la pared es de 614 pies cuadrados. En la tabla 17-7\* para la pared este (material obscuro) a mediodía  $t = 12$  para ladrillo de 12 plg. De este modo el calor transmitido en la pared neta es de

$$Q_w = (0.34)(614)(12) = 2510 \text{ btuH}$$

En la tabla 17-2\* para vidrio se lee un valor de 19 para la pared este y para el mediodía en la tabla 17-3\* para se obtiene un valor de 12; y en la tabla 17-4\* el factor  $F_t = 1$ . En la tabla 17-6 para toldos se lee  $F_s = 0.25$ . Por lo tanto la ganancia de calor por pie cuadrado de vidrio es

$$(19)(f_t)(F_s) + 1.0(x)+0(y)=(19)(1)(.25)+(1)(12) =16.7$$

Por lo tanto la ganancia a través del vidrio es

$$(16.7)(36) = 602 \text{ btuh}$$

División pared norte.

El área total de la división = 22 pies X 13 pies = 286 pies cuadrados . El área de la puerta = 2(3pies X 7 pies )= 42 pies . El coeficiente total de transmisión de calor para la división ( $U_w$ ) es 0.78( tablas 6-9 y 6-10) y para la puerta ( $U_{puerta}$ ) 0.85 (tabla 4-16\* . Por lo tanto la transferencia de calor en la división es de

$$Q_w = 0.078(286-42)(109-80) = 552 \text{ btuh}$$

y para la puerta

$$Q_{puerta} = (.85) (42)(109-80) = 1034 \text{ btuh}$$

Por lo tanto, la ganancia total de calor para la división norte es

$$552+1034+= 1586 \text{ btuh}$$

Pared oeste

El área de la pared = 50 pies X13 pies = 650 pies cuadrados y el espacio adyacente al edificio esta quizás 6 mas frío que el exterior, digamos 89 F. Para esta pared, por la ecuación

$$R = 1/u = 1/ 1.65+12/5+.75/5+1/1.65+= 3.76$$

por lo tanto el coeficiente total de transferencia de calor es

$$U = 1/ 3.76 = 0.266 ( .27) \text{ btu h}$$

### Piso

El área del piso = 50 pies X 22pies = 1100 pies . El coeficiente total de transferencia de calor U es .24 (de la tabla 4-10\*) . El sótano esta mas frio que el exterior digamos 6 grados mas frío. Por lo tanto la ganancia de calor a través del piso es

$$Q = (.24)(1100)(89-80) = 2376 \text{ btuh}$$

### Cielo falso y techo

El área del cielo falso = 50 pies X 22 pies = 1100 pies cuadrados. Se lee un valor de U para el verano de 0.29 ( de la tabla 17-9\*) y el valor de t para construcción media a las 12 a.m. es de 40 (de la tabla 17-8\*). Por lo tanto la ganancia de calor a través del cielo falso y techo es

$$Q_{\text{techo}} = (0.29)(1100)(40) = 12760 \text{ btuh}$$

Por lo tanto la ganancia total por transmisión y radiación solar en forma de calor sensible a través de paredes y techo es

$$6455+3112+1586+1580+2376+12760=27869$$

### Ganancia de calor

Sensible

Latente

50 X 195.....9750

50 X 205.....10250

5 X 245.....1225

5 X 605.....3025

Ganancia total de calor =           10 975                           13275

Ganancia de calor por el equipo y las otras fuentes que se tienen en el restaurante.

Primero se consideran las dos cafeteras. Estas calentadas con gas y la capacidad es de 3 gal.

De la tabla 17-11\* se le un valor de 2500 btuh en forma de calor sensible y un valor igual en forma de calor latente y un valor igual en forma de calor latente.

Por lo tanto.

$$2 \times 2500 \text{ sensible} = 5000 \text{ Btuh}$$

$$2 \times 2500 \text{ latente} = 5000 \text{ Btuh}$$

En seguida se considerarían un tostador de 2650 watts (2.650Kw) de la tabla 17-11\* se obtiene 3413 Btuh como calor sensible. por lo tanto la ganancia de calor es

$$2.650 \times 3413 = 9050 \text{ Btuh, sensible}$$

A las 12 o a cualquier otra hora del día no se usan ni motores ni alumbrado eléctrico,

Debido a que el equipo de la cocina tiene campana y es ventilador, reduce en un 50 % la ganancia de calor sensible.

$$(5000 + 9050)(0.50) = 7025 \text{ Btuh}$$

Considerando una carga térmica de 30 Btu por comida servida, para 50 personas \ 2 comidas servidas por hora, se tendrá una ganancia adicional de calor sensible de

$$30 \times 2(50) = 3000 \text{ Btuh}$$

por lo tanto la ganancia de calor sensible es

$$7025 + 3000 = 10025 \text{ Btuh}$$

La ganancia de calor latente, con 50% de reducción es

$$(5000)(0.50) = 2500 \text{ Btuh}$$

para el mismo restaurante determinar el aire necesario para ventilación ,la infiltración de aire y la carga de enfriamiento para el aire de infiltración .

Para un restaurante se usan 15 pies cúbicos / min. por persona (preferente) y 12 pies cúbicos / min. (mínimo). Usando 15 pies cúbicos/ in por persona, con 55 personas, el aire exterior necesario para ventilación es de

$$15 \text{ pies cúbicos/in} \times 55 = 825 \text{ pies cúbicos / min.}$$

El volumen del restaurante es de 50 pies X 22 pies X 13 pies = 14 300 pies cúbicos y para 825 pies cúbicos / min. de aire de ventilación se tiene que el numero de cambios positivos de aire exterior por hora es de

$$\frac{825 \text{ pies cúbicos / min.} \times 60 \text{ min. / hr}}{14300} = 3.46$$

$$14300$$

Aun cuando este aire es forzado a salir al exterior se tendrá alguna infiltración si esta soplando el viento en el exterior. Para determinar la infiltración supondré una velocidad del viento de 10 MPH, usando la tabla 5-3\*.

Pared este : Hendeduras en ventanas, ventanas metalicas pivoteadas verticalmente y abiertas en el centro. Por lo tanto,

$$3X((3+4)2+4) = 54 \text{ pies de hendedura}$$

$$88 \text{ pies cúbicos/ hr X } 54 = 4752 \text{ pies cúbicos / hr}$$

Pared sur . se tiene solo fugas en hendeduras de la puerta, ya que la ventana al frente es hermética y no tiene fugas. por lo tanto,

$$3(7.5)+2(6) = 34.5 \text{ pies de hendedura}$$

$$138 \text{ pies cúbicos / hr x } 34.5 = 4760 \text{ pies cúbicos / hr}$$

Pared oeste: es sólido, no hay fugas.

División pared norte. La cocina debe tener ventiladores extractores adecuados y estos, desde luego, arrastrar aire del espacio acondicionado. Al considerar la mitad de la infiltración a atraves de hendeduras se tendrá un total de:

$$\frac{1}{2} (4752+4760) = 4756 \text{ pies cúbicos / hr}$$

Se puede tener una cantidad adicional debido a la abertura de las puertas la cual puede estimarse con la tabla 17-10\* usando un valor de 2.5 pies cúbicos / por persona entrando al espacio, la fuga por la puerta es,

$$2.5 \text{ X } 50 = 125 \text{ pies cúbicos/ min.}$$

$$125 \text{ X } 60 = 7500 \text{ pies cúbicos / hr}$$

Por lo tanto, la infiltración total es

$$4756 + 7500 = 12256 \text{ pies cúbicos / hr}$$

Es poco probable que ocurra esta infiltración total de aire ya que el acondicionador mantiene una presión ligeramente positiva, pero es posible que ocurra debido a la exfiltración que se origina con los sistemas de extracción. Para un diseño conservador se debe considerar esta cantidad total.

El aire exterior está a 95F bulbo seco y 78F bulbo húmedo. De la carta psicométrica o por cálculos, la humedad = 117.6 gr/lb; temperatura punto de rocío = 71.6 F; volumen específico = 14.35 pies cúbicos/lb de aire seco.

El aire interior está a 80 F bulbo seco y 67 F bulbo húmedo. De la lámina 1 (carta psicométrica) o por cálculos, la temperatura del punto de rocío = 60.1F y la humedad = 78.2 gr/lb y el volumen específico = 13.84 pies cúbicos/lb de aire seco.

El aire exterior de infiltración = 12256 pies cúbicos/hr, o

$$12256/14.35 = 854 \text{ lb/hr}$$

La carga sensible por eliminar es

$$Q_s = (854)(0.244)(95-80) = 3140 \text{ Btuh}$$

La carga de humedad en el aire de infiltración es

$$(854)(117.6-78.2) = 33600 \text{ gr/hr}$$

El valor de la carga latente correspondiente es

$$Q_l = 3/20 \times \text{gramos de humedad} = 3/20(33600) = 5040 \text{ Btuh}$$

NOTA(\*) LAS TABLAS FUERON OBTENIDAS DEL LIBRO  
AIRE ACONDICIONADO Y REFRIGERACION VER  
BIBLIOGRAFIA

Por lo tanto la carga total de enfriamiento en el espacio del restaurante en Btu por hora es la siguiente:

	sensible	latente
Transmisión y ganancia solar.....	27869	.....
Carga humana.....	10975	13275
Fuentes varias.....	10025	2500
Infiltración aire exterior.....	3140	5040
total.....	52009	20815

## 6.2 Calculo de la carga de calentamiento.

Las consideraciones que se van a tomar para calcular la carga de calentamiento del espacio serian las siguientes:

Calor perdido a atraves de paredes expuestas al exterior,

Calor perdido a atravez de superficies de vidrios y puertas.

Para las perdidas de calor de esta naturaleza, aplicaremos la relación básica de transferencia de calor.

$$Q_w = U_w A_w (t_i - t_e) \text{ BTU transmitidos por hora}$$

Pared sur.

$$R = 1/f_i + x_b/k_b + x_c/k_c$$

$$R=1/6+12/5+0.50/5+0.305= 3.272$$

$$R=1/U=1/3.272=0.305$$

Calor transferido en vidrio.

$$q=UA(t_i-t_e)= 0.305(286-112)(70-65)=436.865\text{Btu/h}$$

Calor transferido en vidrio.

$$q=0.75(112)(70-65)=420\text{ Btu/h.}$$

Pared este.

$$R=1/6+12/5+0.50/5+1/1.65=3.272$$

$$R=1/U=1/3.272=0.305$$

Calor transferido en la pared.

$$q=UA(t_i-t_e)=0.305(650-3(3)(4)(70-65)=937.885\text{ Btu/h.}$$

Calor transferido en vidrio.

$$q=0.75(36)(70-65)=135\text{ Btu/h.}$$

Pared oeste.

$$R=1/6+12/5+0.75/5+1+1.65=3.322$$

$$R=1/U=1/3.322=0.300$$

Calor transferido en la pared.

$$q=UA(t_i-t_e)=0.300(650)(70-65)=978.087\text{ Btu/h.}$$

Calor total transferido en paredes.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

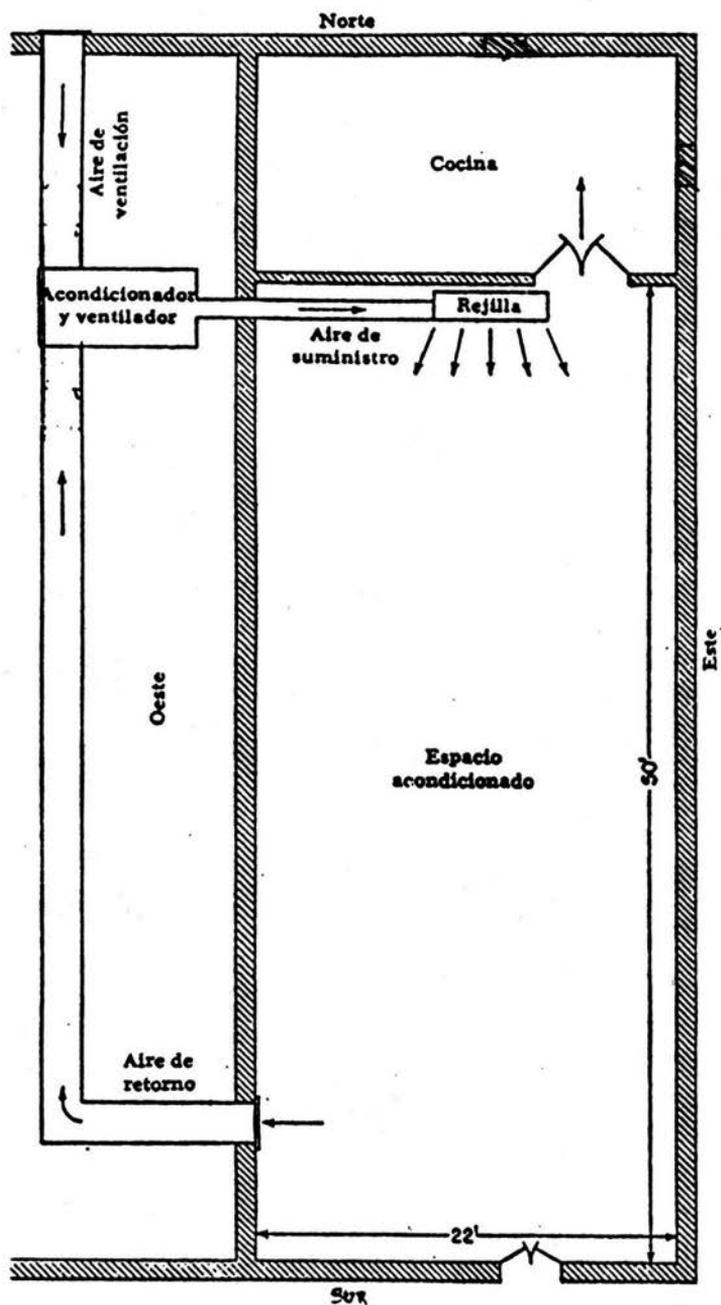
$436.865+937.885+978.087=2352.837$  Btu/h.

Calor total transferido en vidrio.

$420+135+978.087=1533.087$

Carga total = 3885.924 Btu/h.

PLANO DEL ESPACIO ACONDICIONADO



## Conclusiones.

A lo largo de la investigación de este trabajo, es considerable mencionar que esta área es una de las más importantes ya que su área de trabajo se encuentra en la industria en la construcción en los servicios. Su existencia y su descubrimiento han permitido la conservación de alimentos y la comodidad del hombre a pesar del ambiente físico que lo rodea. Los principios del acondicionamiento de aire son los mismos que aquellos de la refrigeración mecánica que lo precedió. Nos son familiares los extensos alcances de la refrigeración, en los campos de la medicina y de la salud, se usa la refrigeración para disminuir los daños de las bacterias. Vivimos en ciudades modernas y tenemos una gran variedad de alimentos que vienen de todas partes y en todas las estaciones, solo por el trabajo de la refrigeración y del almacenaje.

Este trabajo trata de dar en una forma muy básica los métodos para determinar las cargas de enfriamiento y calentamiento en un local o en los edificios y la manera de calcular infiltraciones y humedad del aire. Un buen diseño requiere de una cuidadosa selección del aislamiento y de buenas características de resistencia a la humedad de los materiales del edificio.

Es interesante notar que cualquier aspecto de la calefacción, refrigeración y aire acondicionado es una aplicación de uno o más de los principios fundamentales de la termodinámica, flujo de fluidos o transferencia de calor, utilizada para adaptarse mejor a las necesidades fisiológicas de los ocupantes o para establecer las condiciones apropiadas para la conservación de productos almacenados o materiales en proceso.

## BIBLIOGRAFIA

E. ALVAREZ OJEA, TRATADO GENERAL DE REFRIGERACION  
EDITORIAL BELL 1980.

RALPH M. ROTT, INTRODUCCION A LA DINAMICA DE LOS GASES  
EDITORIAL HERRERO HERMANOS SUCESTORES, 1968.

CALEFACCION, AIRE ACONDICIONADO Y REFRIGERACION  
EDITORIAL LIMUSA MEXICO 1978.

TRATADO DE CALEFACCION Y VENTILACION  
EDITORIAL GUSTAVO GILI, BARCELONA 1965

AIRE ACONDICIONADO Y REFRIGERACION  
BURGESS H. JENNINGS Y SAMUEL R. LEWIS  
EDITORIAL CONTINENTAL MEXICO 1970

PROPIEDADES TERMODINAMICAS  
FER H. BROPHY, ROBERT M. ROSE, JHON WULFF  
EDITORIAL LIMUSA MEXICO 1978

INGENIERIA TERMODINAMICA  
WILLIAM C. REYNOLDS, HENRY C. PERKINS  
EDITORIAL MCGRAW-HILL

FUNDAMENTOS DE AIRE ACONDICIONADO Y REFRIGERACION.  
EDUARDO HERNANDEZ GORIBAR,  
EDITORIAL LIMUSA MEXICO 1990.