



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

IONIZACIÓN DEL AIRE.

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA.
PRESENTA:
RUTH LIZETH PINEDA OLVERA.

ASESOR: ING. JUAN DE LA CRUZ HERNÁNDEZ ZAMUDIO.

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

2006



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

DEDICADO.

A MI FAMILIA QUE ES LA BASE FUNDAMENTAL DE MI VIDA;
PORQUE SIN SU APOYO NO HABRÍA LOGRADO A CONCLUIR
UNA DE LAS METAS IMPORTANTES DE MI VIDA; LA CONCLUSIÓN DE MIS
ESTUDIOS SUPERIORES.

POR USTEDES.

AGRADEZCO.

AL ING. JUAN DE LA CRUZ HERNÁNDEZ ZAMUDIO,
POR SU ASESORÍA, SUS CONSEJOS Y SU VALIOSA
GUÍA DURANTE LA REALIZACIÓN DE ESTA TESIS.

PARA TODAS LAS PERSONAS QUE CONTRIBUYERON
A MÍ FORMACIÓN PROFESIONAL Y A LOS QUE ME
BRINDARON LA OPORTUNIDAD DE COMPARTIR
MUTUAMENTE AÑOS INOLVIDABLES.

INTRODUCCIÓN.

CAPITULO I.

CARACTERÍSTICAS DEL AIRE.

1.1	Composición del aire.	.....	2
1.2	Contenido de humedad en el aire.	.....	2
1.3	Calor total del aire entalpía (ht).	.....	4
1.4	Procesos de Aire Húmedo.	.....	5
-	Deshumidificación.		
-	Humidificación.		
1.4.1	Calentamiento y enfriamiento del aire.	.....	6
1.4.2	Enfriamiento y Deshumidificación del aire.	.....	8
1.4.3	Calentamiento y Deshumidificación del aire.	.....	9
1.4.4	Calor y Humidificación del aire.	.....	10

CAPITULO II

CONDICIONES DE COMODIDAD DEL AIRE.

2.2	Condiciones atmosféricas que afectan el confort.	.....	12
2.3	Zona de Confort.	.....	13
2.4	Movimiento del aire.	.....	14
2.5	Factores que determinan la temperatura efectiva.	.....	14
2.6	Máximas condiciones tolerables.	.....	16
2.6.1	Condiciones para verano.	.....	17
2.6.2	Condiciones para invierno.	.....	17
2.7	Limitaciones del ábaco de confort.	.....	18
2.8	Condiciones básicas de la calidad de aire interior.	.....	19
2.8.1	Dióxido de carbono y otros gases comunes.	.....	19
2.8.2	Compuestos orgánicos volátiles.	.....	20
2.8.3	Partículas suspendidas.	.....	20

CAPITULO III.

EJEMPLOS DE APLICACIÓN.

3.1	Aplicables a una Droguería	.....	22
3.2	Almacén de muebles	.....	29

CAPITULO IV.

IONIZACION DEL AIRE.

4.1	Que es la ionización del aire.	.....	36
4.2	Teorías de la ionización.	.....	41
4.2.1	Teoría de precipitación.	.....	41
4.2.2	Teoría de convección.	.....	42

4.2.3	Teoría inductiva de Elster Gettel.	.....	42
4.2.4	Teoría inductiva de Wilson.	.....	43
4.2.5	Teoría de Wilson y Simpsón.	.....	44
4.2.6	Fenómeno de efecto corona.	.....	46
4.3	Medición de la ionización..	.....	46
4.4	Transferencia de calor por convección del aire.	.....	48

CAPITULO V.
EQUIPOS IONIZADORES DE AIRE.

5.1	Concepto y funcionamiento de un aire acondicionado.	.....	50
5.2	Tipos de aire acondicionado.	.....	50
5.3	Concepto y funcionamiento de un ionizador.	.....	60
5.3.1	Tipos de ionizadores.	.....	60

CAPITULO VI
METODOS DE DEPURACIÓN.

6.1	Técnicas de depuración del aire.	.....	67
6.1.1	Filtración de partículas.	.....	67
6.1.2	Precipitación electrostática.	.....	69
6.1.3	Generación de iones negativos.	.....	70
6.1.4	Adsorción de gases.	.....	70
6.1.5	Absorción de gases.	.....	71
6.1.6	Ozonización.	.....	72
6.2	Otras formas de depurar el aire.	.....	73

CONCLUSIONES.

BIBLIOGRAFÍA.

APENDICES.

INTRODUCCIÓN.

Existe una cierta electricidad contenida normalmente en la atmósfera de la tierra, y por ende, en el aire que respiramos todos los días. Esta electricidad esta formada por partículas llamadas iones, de las cuales hay positivas y negativas en proporciones diversas y que influyen notablemente en nuestros procesos biológicos y psíquicos.

La ionización del aire es un proceso fundamental en la creación y mantenimiento de la vida de la tierra; para que se mantenga es necesario que la atmósfera que respiramos esté en un equilibrio; se ha calculado la presencia de cuatro iones negativos contra cinco positivos. Este es el electroclima ideal; que se ve roto por la contaminación atmosférica que destruye los iones negativos.

Así se ha comprobado que respirar un aire eléctricamente positivo ocasiona efectos perturbadores para la salud y estado anímico de las personas.

Por lo regular esto ocurre en las ciudades debido a la alta contaminación ambiental, que produce exceso de iones positivos; pero también se forman por la acción de los rayos ultravioleta del sol, por la fricción de masas de aire entre sí o por la situación atmosférica horas antes de una tormenta. Asimismo, otras fuentes artificiales generan positividad eléctrica del aire es la combustión de las calderas y de los vehículos a motor, los distintos humos que se vierten a la atmósfera, las fibras sintéticas, los aparatos eléctricos e, incluso, algunos materiales de construcción. Todos estos elementos generan campos estáticos de miles de voltios que no nos electrocutan porque no tienen el amperaje suficiente pero que sobrecargan el aire de iones positivos y destruyen el necesario equilibrio iónico ambiental.

Por el contrario, la presencia de una mayor carga de iones negativos favorece el bienestar y el funcionamiento de todos los sistemas biológicos además de mejorar nuestro rendimiento intelectual. De ahí que muchos expertos planteen la necesidad de purificar el aire y de recargarlo con iones negativos. Para hacerlo, en nuestras casas o lugares de trabajo donde pasamos el 90% de nuestro tiempo.

Es por lo tanto conveniente reducir en lo posible los campos electromagnéticos producidos por los aparatos domésticos apagándolos cuando no los usemos, evitar la electricidad estática de los tejidos sintéticos recurriendo a prendas de fibras naturales para vestirnos y vestir nuestra casa, coche o lugar de trabajo y renovando el aire seco o viciado ventilando bien el lugar, colocando plantas, fuentes de agua, lámparas de sal o aparatos ionizadores.

Recurrir a uno de estos métodos hoy día es casi imprescindible porque se ha comprobado que si bien la buena calidad del aire es de casi el 100% en la montaña ese porcentaje baja al 7% en las ciudades y es de sólo el 2% en el interior de nuestras viviendas y trabajos.

CAPÍTULO

PRIMERO

**CARACTERÍSTICAS DEL
AIRE.**

I. CARACTERÍSTICAS DEL AIRE.

Antes de explicar la ionización del aire es importante conocer sus características y propiedades del aire.

1.1 COMPOSICIÓN DEL AIRE.

El aire es un fluido que se forma por la atmósfera de la tierra y es una mezcla de diferentes gases principalmente nitrógeno y oxígeno (77% Nitrógeno y 22% Oxígeno); así como de pequeñas cantidades de otros gases como argón, neón etc. y de elementos extraños en suspensión (humo, polvo, bacterias gases nocivos, etc.).

El aire contiene una cierta cantidad de vapor de agua la cual varía ya que es lo que constituye la humedad atmosférica, que tiene una enorme importancia en el bienestar humano y en el desarrollo de procesos industriales.

1.2 CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL AIRE.

La cantidad de vapor de agua en el aire se conoce como humedad que es vapor acuoso existente en la atmósfera y que se encuentra en suspensión con el aire; se mide en gramos por kg de aire. Cada kg de aire puede contener una cantidad limitada de gramos de agua dependiendo de la temperatura. Cuanto mayor sea la temperatura del aire, mayor será la cantidad de agua que podrá contener y cuando esta llega a su máximo contenido se dice que esta saturado; esta cantidad de humedad depende principalmente de la temperatura en la cual se encuentre.

Para altas temperaturas se necesita de más humedad para saturar el aire y es inversamente igual para bajas temperaturas.

Por lo tanto la humedad específica es el peso real de vapor de agua en gramos por kg. de aire, ó libras de agua por libra de aire; pero suele expresarse como humedad relativa; la cual expresa el grado de saturación del aire a cualquier temperatura. Es decir es la relación del vapor de agua real en el aire comparado a la máxima cantidad que estaría presente a la misma temperatura, expresada como un porcentaje. Se expresa:

$$H_R = h_e / h_{es} \dots (1)$$

H_R = humedad relativa %

h_e = humedad específica t°C g/kg

h_{es} = humedad específica de saturación t°C g/kg.

En conclusión se puede decir que cuando el aire se calienta, la humedad relativa disminuye y cuando el aire se enfría, la humedad relativa aumenta; pero cuando el aire se enfría por

debajo del punto de saturación, el agua se condensa y se elimina permanentemente por lo tanto el aire resulta más seco.

La humedad relativa se puede aumentar reduciendo la temperatura, sin variar la humedad absoluta ó aumentando la humedad absoluta sin variar la temperatura; pero así como se puede aumentar también se puede disminuir, aumentando la temperatura, sin variar la humedad absoluta ó disminuyendo la humedad absoluta, sin variar la temperatura final.

El instrumento que se utiliza para medir la humedad es el psicrómetro, el cual consta de dos termómetros montados en un soporte común; el primero de ellos está recubierto por un liencillo mojado con agua y se le conoce como termómetro de bulbo húmedo; el cual está encargado de medir la temperatura a la cual se produce la vaporización del vapor de agua en el aire; y el segundo termómetro se encarga de medir la temperatura a la que se encuentra la mezcla del aire, es decir la temperatura de bulbo seco.

Ambos termómetros se hacen girar a una misma velocidad, pasándolos por una corriente de aire a una velocidad definida; cuando el aire del ambiente no se encuentre saturado, el termómetro húmedo irá bajando su temperatura hasta quedar estacionario. Esta disminución se debe principalmente a la evaporación del agua del liencillo; por lo tanto la cantidad de agua evaporada estará en función de la capacidad del aire que circule para la adsorción de humedad.

Pero cuando el aire del ambiente se encuentre saturado; el aire ya no podrá admitir más humedad, lo cual ya no habrá una evaporación en el agua del liencillo, lo que hará que se mantenga los termómetros en el mismo valor; a esta temperatura se le conoce como punto de rocío, que es la temperatura del aire en condición de saturación.

Esta temperatura no se puede cambiar, si no se aumenta o disminuye la humedad del aire, aunque se aumente o disminuya el calor.

Si el aire se enfría a una temperatura menor que la de rocío, empieza la condensación y se establece una nueva temperatura de rocío. La temperatura se puede disminuir, substrayendo humedad del aire, o sea substrayendo vapor de agua de un peso dado de aire y se puede aumentar añadiendo vapor de agua a un peso dado de aire.

Por lo tanto sus características son: temperatura que no cambia sin cambiar la humedad, si se enfría por debajo de esta, empieza la condensación, sólo se reduce disminuyendo vapor y sólo se aumenta añadiendo vapor.

1.3 CALOR TOTAL DEL AIRE. ENTALPÍA (H_T).

En la mezcla del aire con el vapor de agua se comprende, dos tipos de calores; el calor sensible; es la cantidad de calor seco y es reflejado por la temperatura que está incluida en el aire y el calor latente es el calor requerido para evaporar la humedad que contiene la temperatura que se encuentra en el vapor de agua. Esta evaporación ocurre a la temperatura

de bulbo húmedo; ambas al sumarse forman el calor total conocido como entalpía, el cual indica el contenido de calor de la mezcla del aire y vapor de agua, usualmente se mide en Kcal/kg de aire ó en Btu/lb libra de aire.

Todos estos parámetros físicos se obtienen en el ábaco psicrométrico ò carta psicrometrica, ya que muestra el ciclo clásico de evolución del aire de la mezcla de aire húmedo.

El diagrama psicrométrico muestra la interdependencia de la humedad relativa, en la escala a la izquierda, la temperatura seca en la escala horizontal, y la masa de vapor de agua por masa de aire seco con su equivalencia en presión de vapor, en la escala de la derecha.

Todo esto completa la construcción de la carta psicrométrica, la cual la carta ASHRAE, cuenta con una información extensa y precisa. Recordando que si se conocen dos de las cinco propiedades del aire, las otras tres pueden hallarse en la carta psicrométrica, localizando el punto de intersección de las líneas que representan las dos condiciones conocidas

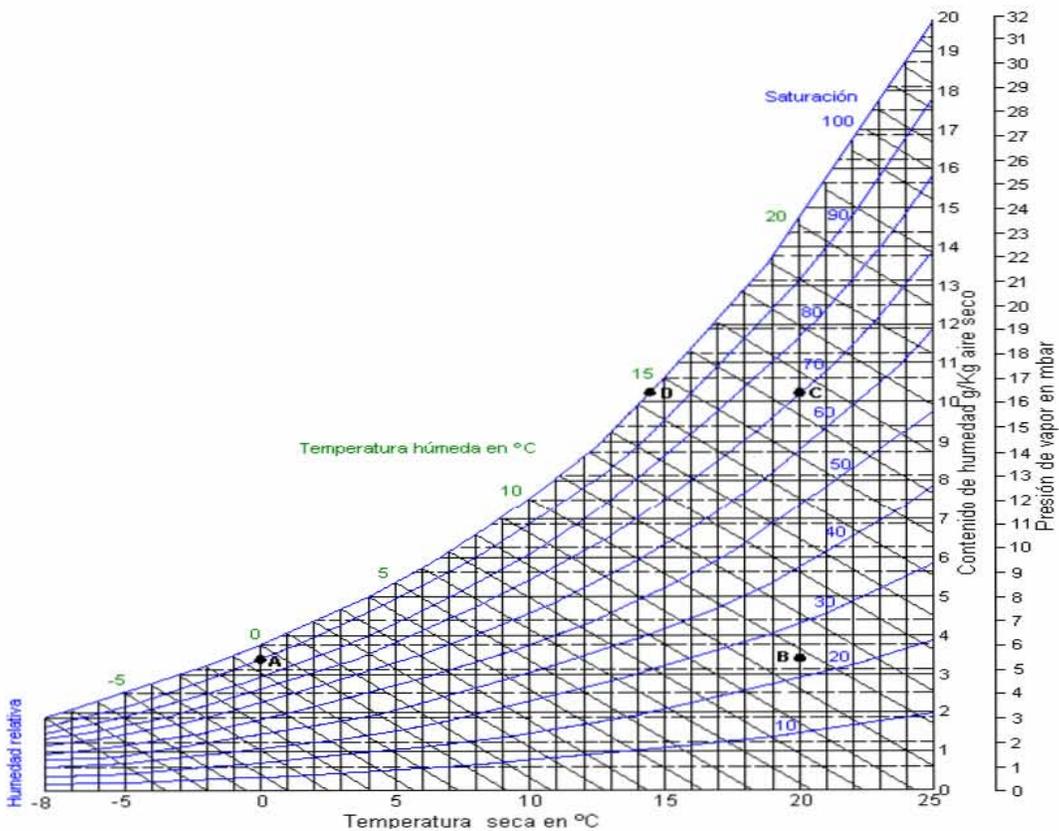


Fig.1 Carta Psicrométrica.

1.4 PROCESOS DE AIRÉ HÚMEDO.

Para poder analizar los diferentes procesos es necesario saber algunos conceptos generales.

DESHUMIDIFICACIÓN.

Es la extracción de vapor de aire atmosférico; este proceso se encuentra asociado con la transferencia de calor latente. En este proceso la transferencia de energía es desde el aire; lo que provoca la disminución de agua en la mezcla aire- vapor de agua.

Por lo regular este proceso se realiza haciendo circular el aire a través de una superficie que se mantiene a baja temperatura para provocar la condensación del vapor contenido en la mezcla. También se puede deshumidificar rociando agua fría al caudal de aire.

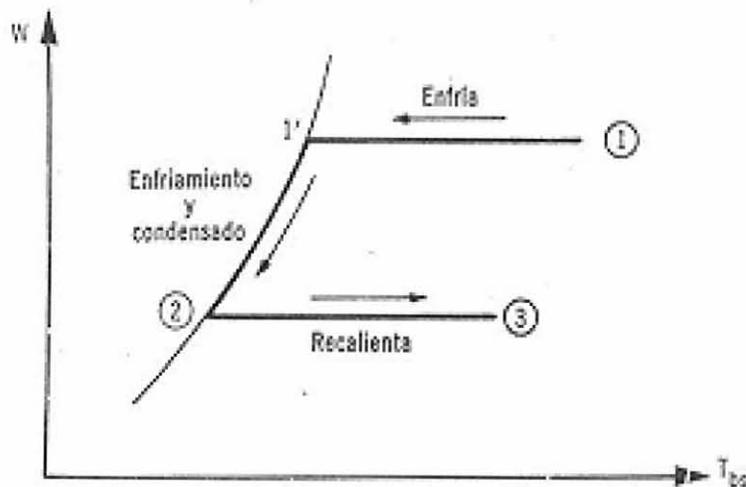


Fig 1.2 Deshumidificación

HUMIDIFICACIÓN.

Es el aumento de la humedad específica y la cantidad de calor de aire. En algunos procesos, la humedad específica 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 que es necesario agregar calor de otra fuente para conservar o aumentar la temperatura.

Para realizar este proceso se cuenta con dos métodos dependiendo de sus condiciones iniciales. En el primer método; se calienta y luego se humidifica; en el segundo método, primero se calienta en un atemperador y después se humidifica con agua caliente hasta saturar, después se vuelve a calentar hasta obtener la condición final que disminuye.

El punto de saturación debe permanecer constante para que se realice un calentamiento en el atemperador, provocando la disminución final de la temperatura.

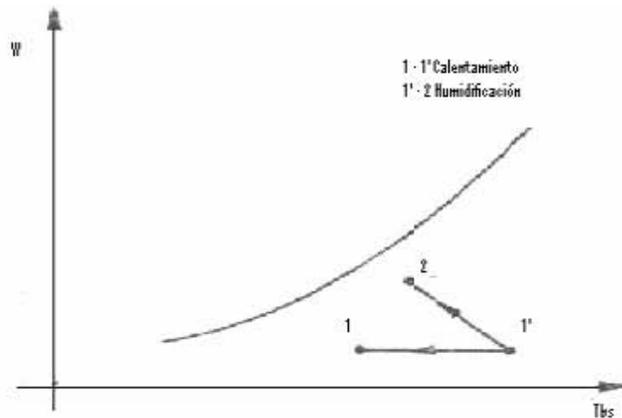


Fig.1.3 Carta psicrométrica. Calentamiento y humidificación.

1.4.1 CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO DE AIRE.

Cuando se calienta o se enfría aire sin pérdida o ganancia de humedad se produce una línea horizontal en la carta psicrométrica, debido a que la humedad específica permanece constante. Cuando hay un calentamiento se puede notar como fluye aire húmedo a través de un intercambiador de calor; en el proceso de enfriamiento sí la parte de superficie del intercambiador de calor esta por de bajo del punto de rocío del aire, ocurrirá condensación y por lo tanto la deshumidificación.

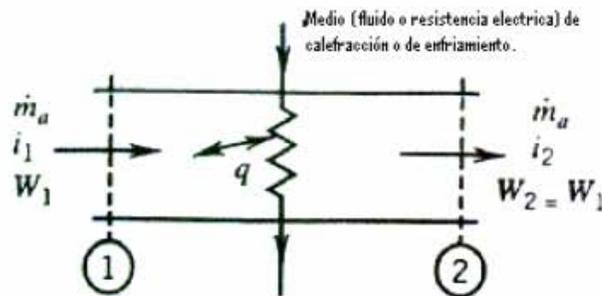


Fig. 1.4. Esquema de dispositivo de calefacción o de enfriamiento.

Para condiciones de flujo uniforme y estado estable, el balance de energía se puede expresar:

$$m'_a H_{t2} + q' = m'_a H_{t1} \dots (2)$$

La dirección de la transferencia de calor esta dada por los términos calentamiento y enfriamiento, con el calentamiento hacia la izquierda y el enfriamiento hacia la derecha.

La entalpía de aire húmedo por unidad de masa de aire seco en las secciones 1 y 2 están dadas por:

$$H_{t1} = H_{a1} + h_{e1} h_1 \quad \text{y por} \dots (3)$$

$$H_{t2} = H_{a2} + h_{e2} h_2$$

H_{t1} y H_{t2} se obtiene directamente de la carta psicrométrica. Por lo tanto:

$$q'_s = m'_s C_p(t_1 - t_2) \text{ Calentamiento. ... (4)}$$

$$q'_s = m'_s C_p(t_2 - t_1) \text{ Enfriamiento. (5)}$$

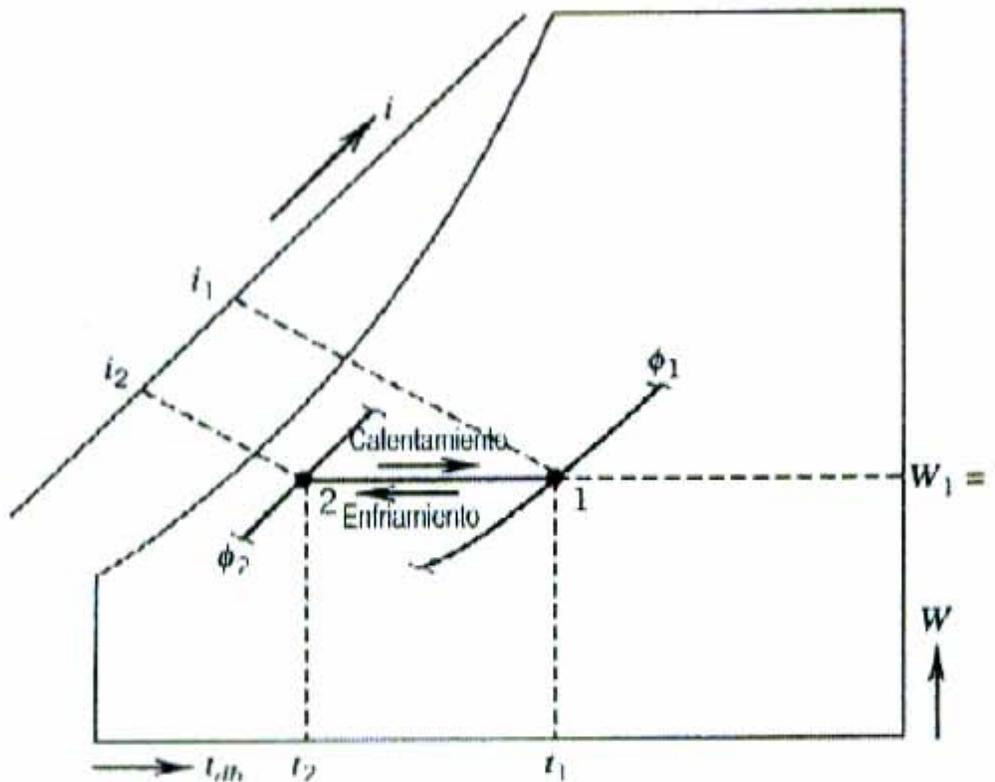


Fig. 1.5 Proceso de calentamiento o enfriamiento sensible.

Podemos observar que la humedad relativa decrece cuando se calienta el aire húmedo y es inversa cuando hay enfriamiento, incrementando la humedad relativa.

14.2 ENFRIAMIENTO Y DESHUMIDIFICACIÓN DEL AIRE.

Cuando se hace pasar aire húmedo sobre una superficie fría, de manera que parte del aire se enfríe a una temperatura por debajo de su punto de rocío, una porción del vapor del agua se condensa y se sale del torrente de aire. Este proceso puede variar dependiendo de su tipo de superficie, temperatura, condiciones de flujo, transferencia neta de calor y masa; expresándose en términos de estados inicial y final, sin necesariamente encontrarse saturado.

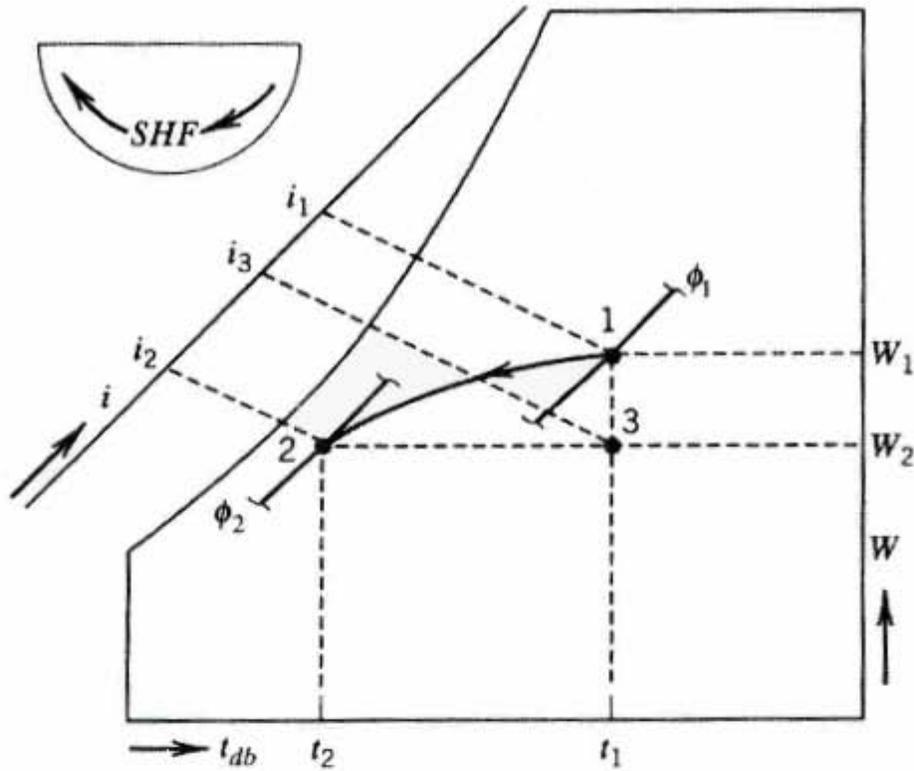


Fig 1.6 Proceso de enfriamiento y deshumidificación.

Este proceso involucra transferencia de calor latente y sensible. La tasa de transferencia de calor sensible se encuentra relacionada con el decremento de temperatura de bulbo seco y la tasa de calor latente esta relacionada con el decremento de humedad específica.

El calor latente removido durante el proceso es:

$$Q_L = M \frac{\Delta W' \times 1060}{7000} \text{ (Btu/h)} \dots (6)$$

Donde:

W'= humedad retirada en granos/lb

1060 - calor latente de vaporización en Btu/lb

O bien: $Q_L = 0.68 V \Delta W \text{ (Btu/h)}$

El calor sensible retirado es: $Q_s = M \times 0.24 (t_a - t_d) \text{ (Btu/h)}$
 $Q_s = 1.08V (t_a - t_d) \text{ (Btu/h)}$

El calor total es: $Q_t = Q_s + Q_L$ ó bien.
 $Q_t = M (h_a - h_d) \text{ (Btu/h)}$

La relación del calor sensible retirado al calor total retirado se le llama “factor de calor sensible”; es decir es el calor de salida por el calor de entrada.

$$\text{FCS} = Q_s / Q_t \dots (7)$$

Donde: **FCS** = Factor de calor sensible.

Q_s = Calor sensible retirado durante el proceso.

Q_t = Calor total retirado durante el proceso.

Para acondicionar el aire en lugares pequeños como residencias, pequeños comercios, etc., la ganancia de calor latente es la tercera parte del calor sensible, que es igual a 0.75, pero puede variar desde 0.60 a 0.95, dependiendo de las condiciones de humedad; ya que el factor de calor sensible varía de hora en hora; porque depende de la humedad del ambiente, la cantidad de personas que se encuentren etc.

$$\text{FCS} = 1 / 1 + 1/3 = 0.75 \dots (8)$$

Para instalaciones industriales o para instalaciones de mayor capacidad, como comercios, hoteles, hospitales, etc., la ganancia de calor latente se debe calcular separadamente y así obtener el factor de calor sensible; para poder determinar las características del aire que se va a suministrar.

14.3 CALENTAMIENTO Y DESHUMIDIFICACIÓN DEL AIRE

Este proceso se puede realizar haciendo pasar el aire por un absorbente sólido o a través de un líquido absorbente; en ambos casos, el absorbente tendrá una presión de vapor de agua menor que la del aire. La humedad se condensa fuera del aire; por lo tanto el calor latente se libera y aumenta el calor sensible del aire. Cuando estas son las únicas energías que intervienen, el proceso es inverso al adiabático de saturación; pero existe un calor absorbido o generado por el material activo que se conoce como calor de absorción.

Para absorbentes sólidos se usa la sílice, la alúmina etc., y para los absorbentes líquidos, sales inorgánicas o compuestos orgánicos; para los dos casos el calor desprendido intervienen en el proceso, provocando el incremento de calor sensible.

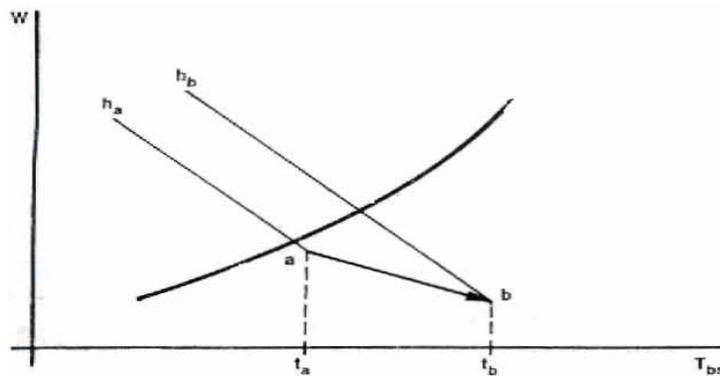


Fig 1.7 Carta Psicrométrica. Calentamiento y deshumidificación.

14.4 CALENTAMIENTO Y HUMIDIFICACIÓN DEL AIRE.

Cuando el aire pasa a través de un humidificador, el aire se humidifica y puede calentarse, enfriarse o permanecer a la misma temperatura; durante este proceso, el aire incrementa su humedad específica y entalpía, y la temperatura de bulbo seco aumenta o disminuye según la temperatura inicial del aire y del agua. Si se suministra suficiente agua en relación con el aire, éste se acercará a la saturación.

En el esquema se muestra un dispositivo para calentar y humidificar aire húmedo. Generalmente se requiere de este proceso para mantener el confort durante los meses fríos del año.

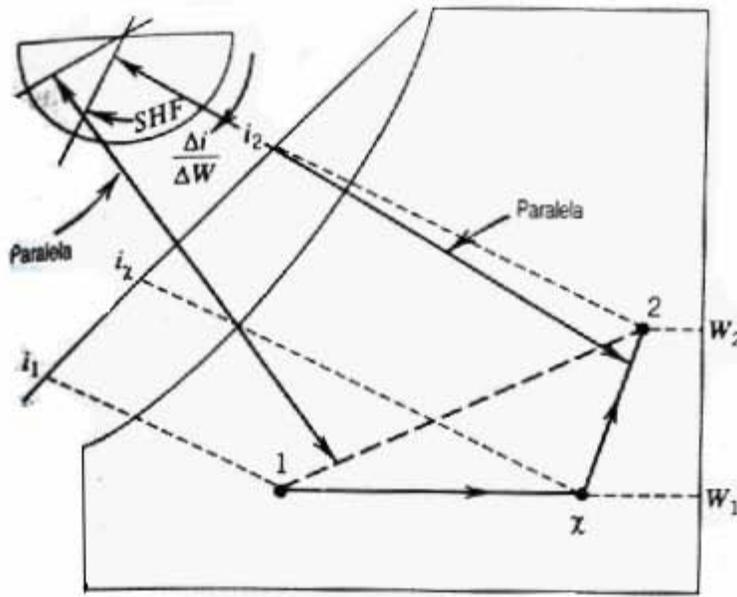


Fig 1.8 Proceso combinado de calefacción y humidificación.

Nota: en este trabajo utilizaremos el sistema ingles; por que tablas, datos y graficas importantes solo se encuentran en estas unidades.

SEGUNDO

CAPÍTULO

CONDICIONES DE

COMODIDAD DEL AIRE

II. CONDICIONES DE COMODIDAD DEL AIRE.

El confort térmico es un concepto subjetivo que expresa el bienestar físico y psicológico del individuo cuando las condiciones de temperatura, humedad y movimiento del aire son favorables a la actividad que se desarrolla. Con base en la experiencia en el diseño de sistemas de aire acondicionado, se ha determinado que la mayoría de la gente se siente confortable cuando la temperatura oscila entre 21° C y 26° C, y la humedad relativa entre 30% y 70%.

Recientes investigaciones promovidas por la American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE); muestran que los usuarios de edificaciones ventiladas naturalmente se sienten confortables en un mayor rango de condiciones de temperatura y humedad, que la gente habituada al aire acondicionado. El confort percibido en edificios ventilados naturalmente se ve afectado por las expectativas climáticas locales y mayores niveles de control personal, debido a que los ocupantes tienen la opción de seleccionar la ropa apropiada, abrir las ventanas o encender los ventiladores, con un consumo mínimo de energía.

Por lo tanto: las reacciones de confort o incomodidad térmica vienen dadas por las condiciones climáticas, por la producción de calor del metabolismo humano y por la transferencia de calor con el ambiente.

2.2 CONDICIONES ATMOSFÉRICAS QUE AFECTAN EL CONFORT.

Los factores determinantes de las sensaciones humanas de calor o frío en el interior de lugar: son la temperatura del aire, la temperatura media de las superficies alrededor del local, la humedad relativa y la velocidad del aire en el interior del lugar; todos estos son factores que influyen en el bienestar de los ocupantes del lugar.

La temperatura del aire es el punto de partida para conocer el clima del lugar ya que estos márgenes de temperatura dependerán de la época del año, ya sea invierno o verano. Se consideran los siguientes valores: invierno (ropaje normal) 18 a 22 °C , para verano (ropas livianas) 23 a 27 °C, Aunque estos valores son solo para gente que se encuentra en actividades moderadas.

La temperatura de las superficies del lugar; se toma en consideración principalmente la temperatura del humano ya que elimina calor por radiación, cediendo calor a las superficies del entorno, por lo tanto la temperatura del lugar deberá encontrarse en un equilibrio entre la temperaturas superficiales y la temperatura del aire del lugar para no impedir la necesaria eliminación biológica del calor humano.

Humedad relativa: se puede establecer como límite entre 30 y 70 %, considerándose como valor óptimo en verano y en invierno un 50%. Si la humedad relativa disminuye un 30%, se provoca desecamiento de las mucosas respiratorias, y si se supera el 70%, produce sensación de pesadez, dificultándose la función respiratoria pulmonar, afectando, además, al propio local en cuanto a su pintura y muebles.

Otro factor importante que influye en el grado de confort es la adecuada ventilación del local para mantener cierto tenor de pureza del aire, evitando olores y su vaciamiento.

La composición física y química del aire comprende un determinado número de elementos que entran en juego para lograr esa pureza. La disminución de la proporción de oxígeno, así como el aumento del anhídrido carbónico son causas importantes de viciamiento.

La eliminación de las partículas sólidas en suspensión o polvo es otro de los factores determinantes, no sólo para el bienestar, sino para la salud de las personas, así como la suciedad de los equipos de aire acondicionado o los locales. También los humos o productos de combustión que necesariamente deben eliminarse al exterior, evitando que contaminen el aire ambiental.

2.3 ZONA DE CONFORT.

La carta de zona de confort explica como se deben controlar la temperatura y la humedad, mostrando la necesidad de aire acondicionado para todo el año; esta representa las condiciones en casas, teatros, oficinas, etc., principalmente donde ocurren largos periodos de ocupación, aunque no es precisa para condiciones en donde los cortos periodos de ocupación acoplada a rápidos cambios en temperatura y movimiento del aire son cambiantes.

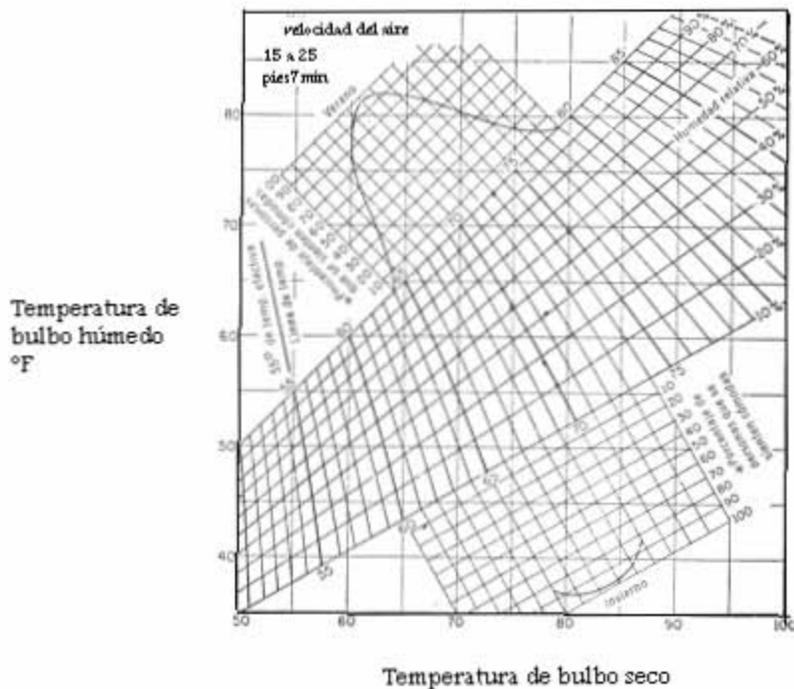


Fig 2 Carta de comodidad para aire tranquilo.

2.4 MOVIMIENTO DE AIRE.

El movimiento del aire es otro factor en las condiciones de confort. En la carta de confort se observa que la temperatura efectiva cae bruscamente cuando se incrementa la velocidad. Esto podría parecer deseable para el aire acondicionado en verano, pero este aire se introduce usualmente de 15 a 20°C, bajo las condiciones del cuarto; aproximadamente a una velocidad de 100 pies/min., la cual hará que se produzcan ráfagas frías.

Por lo tanto se ha llegado a la conclusión que la piel reacciona más rápidamente a las corrientes de aire tibio y una regla fundamental es no exceder una velocidad de 50pies/min. en la zona de confort para personas que están sin hacer alguna actividad física, pero se sugiere limitar una velocidad para todo el año a 70 pies/min. Para lugares donde se realicen trabajos físicos.

Debe de evitarse la poca circulación de aire, ya que la gente tiende a sentirse encerrada; esta es una desventaja de los sistemas de calefacción sin ductos que dependen de la circulación por gravedad y no tienen medios de filtración.

La limpieza y ventilación son de las dos últimas necesidades para el tratamiento apropiado del aire; ya que se encuentran relacionadas. Por lo tanto es muy importante la filtración del sistema; algunos cuentan con la capacidad de remover más del 95% de impurezas; sin embargo a un se debe de contar con un porcentaje de aire fresco para eliminar esa sensación de aire muerto, diluir olores y suplir oxígeno para respirar y para aplicaciones ventiladas.

2.5 FACTORES QUE DETERMINAN LA TEMPERATURA EFECTIVA.

La carta de confort muestra en porcentaje, la cantidad de personas que se sienten cómodas en cada combinación; según ASHRAE siempre existirá personas que se sientan incómodas, Aunque estas normas son para la mayoría.

Los factores que pueden cambiar la temperatura efectiva son:

a) Aclimatación diferente: este es debido que la temperatura efectiva depende de la temperatura del exterior, que cambia de una estación a otra; la temperatura deseable para el verano varía entre 69 a 73°F; mientras que la de invierno varía entre 67 a 71°F. La temperatura efectiva deseable y la humedad varían según el individuo, el país ó región.

b) Duración de ocupación; mientras más poco tiempo se ocupe un volumen controlado debe haber un mayor cambio de temperatura; el cambio se dará con respecto a la temperatura exterior.

c) Ropa; esta desempeña un papel muy importante con la aclimatación y con la duración de la ocupación, ya que muchos problemas se solucionan despojándose o poniéndose ropa. Su valor de aislamiento se expresa en términos de cloth, la cual equivale a 0.8880 (f-ft²-hr)/Btu [0.155 (m²-c)/he]

Tabla 1 Generación típica de calor metabólico para diferentes actividades.

	Btu/(hr-ft ²)	Met (Consumo calórico)
Descansar.		
Dormir.	13	0.7
Estar reclinado.	15	0.8
Sentado tranquilo.	18	1.0
Parado relajado.	22	1.2
Caminar (terreno plano)		
0.89 m/s	37	2.0
1.34 m/s	48	2.6
1.79 m/s	70	3.8
Actividades de oficinas.		
Leer sentado.	18	1.0
Escribir a mano.	18	1.0
Escribir en teclado.	20	1.1
Archivar sentado.	22	1.2
Archivar de pie.	26	1.4
Caminar.	31	1.7
Levantar/empacar.	39	2.1
Manejar / pilotear.		
Automóvil	18-37	1.0-2.0
Aeronave, rutina.	22	1.2
Aeronave, aterrizaje por instrumentos.	33	1.8
Aeronave militar.	44	2.4
Vehículo pesado	59	3.2
Actividades de trabajo variadas.		
Cocinar.	29-37	1.6-2.0
Limpiar la casa	37-63	2.0-3.4
Estar sentado, moviendo vigorosamente las extremidades.	41	2.2
Trabajar con máquinas coser	33	1.8
Trabajo ligero en la industria eléctrica.	680.8-809.6	37-44
Manejo de bolsas de 50kg	1361.6	74
Trabajo pesado	1361.6-1619.2	74-88
Actividades recreativas variadas.		
Bailar en reuniones	44-81	2.4-4.4
Ejercicios calisténicos	55-74	3.0-4.0
Tenis, individual	66-74	3.6-4.0
Básquetbol	90-140	5.0-7.6
Lucha libre de competencia.	130-160	7.0-8.7

Fuente reimpressa con autorización, ASHRAE handbook.

1 Met. = 18.4 Btu/hrft² ó 58.2 w/m²

2.6 MÁXIMAS CONDICIONES TOLERABLES.

La norma 55 de ASHRAE establece las condiciones requeridas para un ambiente térmico aceptable. La escala de sensación térmica asigna un valor numérico a las palabras que describen las sensaciones térmicas de la siguiente manera:

Caliente.	+3
Cálido	+2
Tibio.	+1
Neutro.	0
Ligeramente fresco.	-1
Fresco.	-2
Frío.	-3

Tabla 2 Escala de sensación térmica

Existen ecuaciones de balance de energía que hacen uso del índice del voto promedio pronosticado (PMV); el cual predice la respuesta media de un gran grupo de personas de acuerdo con la escala de sensación térmica de ASHRAE. El PMV puede utilizarse para estimar el porcentaje de insatisfacción pronosticado (PPD). La norma ISO 7730 incluye listados de computadora para facilitar el cálculo del PMV y del PPD para una amplia gama de parámetros.

En la siguiente figura aparecen los rangos aceptables de temperatura operativa y humedad para personas en ropa típica de verano e invierno durante la realización de actividades ligeras y principalmente sedentarias.

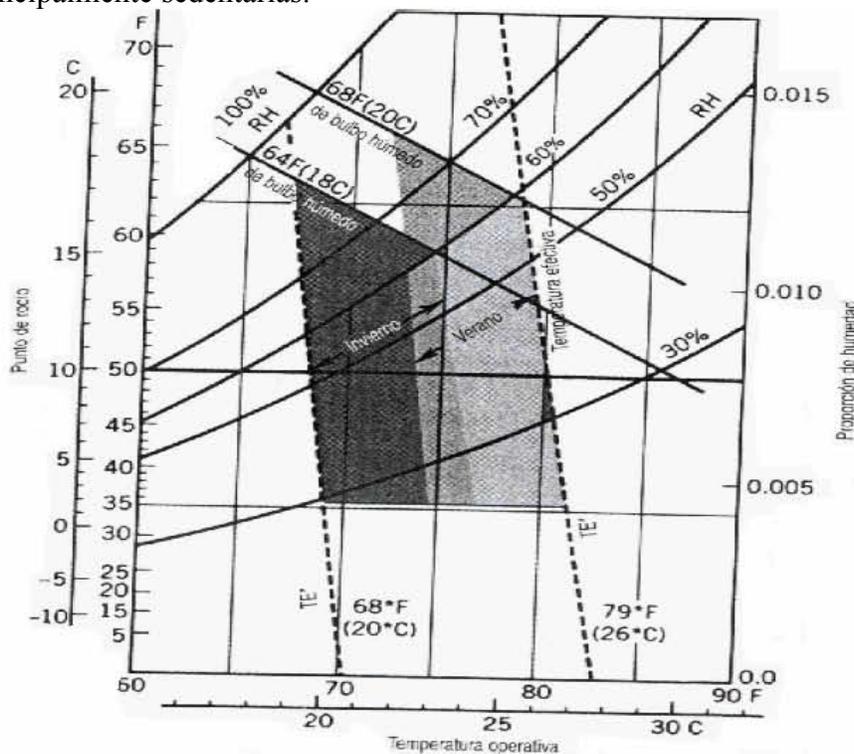


Fig. 2.2 Rangos aceptables de T. operativa y de humedad para verano y invierno en actividades sedentarias

2.6.1 CONDICIONES PARA VERANO.

Como regla general la temperatura efectiva no debe de exceder de 85°F. Durante el verano, por lo general varían desde 68 a 76°F; las temperaturas de bulbo seco recomendables varían desde 71 a 85°F con humedades relativas de 40 a 60% como máximo.

Para contar con un mejor análisis, se cuenta con tablas que muestran las condiciones interiores durante el verano, partiendo del tipo de actividad de los ocupantes. Aunque se sugiere que para contar con un mejor análisis se debe entrelazar los factores que rigen la temperatura efectiva con la carta de comodidad.

2.6.2 CONDICIONES PARA INVIERNO.

Temperatura operativa de 73 a 79 F, a 64F de bulbo húmedo; los límites laterales de inclinación de la zona de invierno corresponde a las líneas 68 y 74 F de temperatura efectiva y son sitios de confort o de sensaciones térmicas constantes.

Para determinar las condiciones de temperatura en interiores para el invierno se cuenta con tablas.

APLICACIÓN	BS °F	BH °F	φ, %	TE °F
Casas, departamentos, oficinas, colegios, teatros, cuartos de hotel, hospitales, restaurantes. Para adultos y niños sanos, normalmente vestidos sentados.	76/74	*/57.4	*/35	68/68
Enfermos e inválidos, por lo general vestidos y sentados	80/77	*/59.7	*/35	70/70
Ocupaciones que requieren trabajo ligero	72/70	*/54.2	*/35	65/65
Ocupaciones que requieren trabajo pesado	68/66	*/51.5	*/35	62/62
Garajes	65	*	*	60
Gimnasios	65	*	*	60
Quirófanos	80	66.7	50	74
Cocinas	70	*	*	63.5
Lavanderías	70	*	*	63.5
Vestidores	70	*	*	63.5
Tiendas: clientes con ropa de calle.	70/68	*/52.8	*/35	63.5/63.5
Albercas	80	69.6	60	75
Tocadores.	72	*	*	65

- Calefacción sin humidificación.

Tabla 3. Condiciones interiores recomendables para invierno.

Tabla 4. Humedad relativa máxima permisible para diferentes tipos de ventanas.

TIPO DE VENTANA	U	TEMPERATURA EXTERIOR °F				
		30	20	10	0	-10
Marco sencillo y cristal sencillo	1.25	33%	24%	18%	13%	9%
Marco doble y cristal sencillo	0.50	65%	58%	72%	47%	42%
Marco metálico sencillo, cristal doble	1.00	42%	33%	26%	20%	15%
Marco de madera sencillo, cristal doble	0.60	60%	52%	45%	40%	35%
Bloque de cristal 4"	0.65	57%	49%	42%	37%	32%

Para poder obtener la temperatura de rocío permisible y no tener condensaciones se utiliza.

$$t_w = t_i - (t_i - t_o) U/f \dots (9)$$

t_w = temperatura de rocío a la que ocurre la primera condensación en °F.

t_i = temperatura del bulbo seco interior.

t_o = temperatura de bulbo seco exterior.

U = coeficiente de transmisión (Btu/h-pie²°f).

F_1 = coeficiente de la película interior.

2.7 LIMITACIONES DEL ÁBACO DE CONFORT.

Aunque el ábaco es muy útil para la resolución de los problemas, se debe de utilizar con mucho cuidado. Ya que las hipótesis en que se ha sido construido son las siguientes:

- Para individuos vestidos normalmente para vida interior.
- Individuos ocupados en actividades sólo ligeras: lectura, trabajo de oficina, paseos ocasionales por el lugar. en zonas de climas extremos los valores pueden diferir.
- Movimiento de aire pequeño hasta 8 m/min. Si las velocidades en la zona de permanencia aumenta mucho, el ábaco no tiene aplicación, produciéndose una disminución apreciable en la temperatura efectiva.
- No se toma en cuenta los efectos de la radiación que a menudo son muy significativos. El ábaco tiene validez para temperaturas de superficies similares prácticamente a las del aire ambiente.
- Los valores del ábaco se refieren a períodos de permanencia prolongados dentro de la habitación; cuando la permanencia es breve el factor decisivo puede no provocar bruscos descensos de temperaturas que pueden afectar al individuo.

2.8 CONSIDERACIONES BÁSICAS DE LA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR.

ASHRAE establece en la norma 62 que el aire interior tiene una calidad aceptable cuando no contiene contaminantes en concentraciones consideradas como dañinas ó cuando el 80% de las persona no se encuentre insatisfecho; por lo tanto se debe de agrupar bajo un titulo de Calidad de aire Interior (IAQ). Para obtener una buena calidad de aire interior los gases y partículas contaminantes se deben de mantener a un nivel aceptable.

Los contaminantes son por lo regular bióxido de carbono, monóxido de carbono y vapores tóxicos, así como materiales radiactivos, microorganismos patógenos, sustancias alergias y partículas suspendidas.

2.8.1 DIÓXIDO DE CARBONO Y OTROS GASES COMUNES.

Es un subproducto exhalado durante la actividad metabólica de los seres humanos; por lo tanto los niveles de CO₂ son más altos dentro de los espacios ocupados que en el exterior. Así el CO₂ resulta ser un indicador indirecto de los niveles inaceptables de otros gases más dañinos. La Environmental Protection Agency (EPA), recomienda un máximo de 1000 ppm (1.8g/m³) para una exposición continua a CO₂ en particular escuelas, edificios y viviendas.

El monóxido de carbono es un gas tóxico y a niveles cercanos de 15ppm pueden afectar de manera severa la química del cuerpo. Las reacciones de los seres humanos a los diferentes niveles de CO varían sin embargo los efectos pueden ser acumulativos; los mas comunes son la jaqueca y nauseas.

Los óxidos nitrosos se producen por la quema de combustibles en aire a altas temperaturas; por lo común estos contaminantes entran a los sistemas de ventilación junto con el aire expelido por los motores de combustión interna y emanaciones industriales, aun cuando los procesos de combustión que ocurren dentro de los edificios también contribuyen con cantidades significativas.

El Radón es un gas radiactivo que surge de manera espontánea en la naturaleza como resultado de la desintegración del radio; puede entrar en un edificio desde el suelo, a través de las grietas en los pisos y de las paredes de los sótanos o a través del suministro de agua, u originarse a partir de los materiales de construcción que contenga uranio o torio. La cantidad de radón que penetra desde el suelo depende del diferencial de presión, así que la presurización del espacio acondicionado es una manera de reducir los niveles de ingreso de este gas, además se debe de contar con una ventilación de los espacios bajo el nivel del piso y el sellado de las grietas que pudieran haber.

2.8.2 COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES.

En un ambiente interior se pueden encontrar sustancias químicas orgánicas, como resultado de procesos de combustión, pesticidas, materiales de construcción y de acabados, agentes limpiadores, solventes así como plantas y animales; provocando la formación de sustancias como el Formaldehído, uno de los gases más comunes del grupo de los compuestos orgánicos volátiles (VOC), es irritante para los ojos y las membranas mucosas, causa problemas asmáticos y reacciones inmunoneurológicas y es considerado como potencialmente cancerígeno. Los límites aceptables están dentro del rango de 1 ppm para una estancia de 8 horas en promedio.

2.8.3 PARTÍCULAS SUSPENDIDAS.

El aire ambiental podría contener hollín, humo, tierra, materia vegetal y animal en descomposición, pelusa, fibras de plantas y partículas metálicas, así como esporas, bacterias, polen y otros materiales vivos. Las dimensiones de estas partículas van desde menos de $0.01\mu\text{m}$ (10^{-8}m) de diámetro al tamaño de algunas hojas e insectos.

La mezcla de partículas suspendidas en el aire se denominan aerosol. El aire exterior que se introduce en una habitación puede sufrir una contaminación adicional por las actividades humanas, el mobiliario y equipo; los organismos infecciosos, microscópicos macroscópicos, pueden subsistir e incluso multiplicarse, cuando las condiciones internas son favorables. El humo de tabaco ambiental (ETS) constituye uno de los principales problemas para el mantenimiento de una buena calidad de aire interior.

CAPÍTULO

TERCERO

**EJEMPLOS DE
APLICACIÓN.**

Con una iluminación de 6,000 vatios, lámparas fluorescentes; con equipo de cocina: una cafetera de gas, una parrilla de gas, una campana de extractora de 8pies² sobre aparatos de gas con una capacidad de 600 pies³/min., una nevera con motores eléctricos de ¼ y 1/8 de caballos de fuerza.

Esta droguería tiene por lo regular una concentración de 20 personas al medio día, contando con la persona de la farmacia. El promedio de tiempo de cada persona dentro del local es de una 1hr.

Condiciones interiores para el diseño: para el invierno es de 72°F y máxima humedad relativa para evitar condensación en las ventanas; en el verano con 75°F BS y 50%HR. Se debe de calcular la carga de enfriamiento y la carga de calefacción. El sótano debe tener calefacción durante el invierno, pero sin enfriamiento durante el verano.

Nota : las tablas que ocuparemos se encuentran en el apéndice.

Solución:

Primero calcularemos la ganancia de calor por radiación solar a través de los vidrios:

- a) El área de la ventana del este
(4 X 6 = 24 pies²)
- b) área de la puerta del este
(3 X 8 = 24 pies²)
- c) área de la puerta del oeste
(5 X 8 = 40 pies²).
- d) el área del la ventana del oeste.
(18 X 7 = 126 pies²).

Esta se considera como una ventana mirando al norte, ya que la marquesina con ventilación la protege con la radiación solar directa.

- e) en la tabla uno que se encuentra en los anexos se muestra los factores de ganancia de calor por radiación solar para los vidrios.

Los factores al medió día correspondientes a la tabla 1 y los factores de corrección según la tabla 2 son los siguientes:

Ventana (E) 68 y 0.64 como factor de corrección para plano sombreado.

Puerta (E) 68 y 0.95 para vidrio plano.

Puerta (O) 36 y 0.95 para vidrio plano.

Ventana del este (N) 34 y 0.95 para vidrio plano.

La multiplicación de las áreas de las ventanas por los factores de radiación y de corrección da las siguientes cargas:

Ventana (E) 24X68X0.64 = 1,044 Btu/h

Puerta (E) 24X68X0.95 = 1,550Btu/h

Puerta (O) 40X36X0.95 = 1,368Btu/h

Ventana oeste (N) 126X34X0.95 = 4,070 Btu/h.

Ganancias por transmisión.

Vidrios; el total de las áreas en vidrio sin protección interior es de $126 + 24 + 40 = 190\text{pies}^2$ esta protegida interiormente por una persiana; en la tabla 3 se buscare los valores U para el vidrio: 1.06 para vidrio sin protección, 0.81 para vidrio con sombra.

Para hallar la diferencia de temperaturas de bulbo seco al medio día, buscamos primero la temperatura de bulbo seco exterior para e medio día según la tabla 4 y reste la temperatura de bulbo seco interior de diseño.

El calculo es $95 - (23 \times 0.23) = 95 - 5.29 = 89.71$ ó 90°F . La temperatura exterior al mediodía menos la temperatura interior = diferencia de temperaturas de bulbo seco al mediodía, $90^\circ\text{F} - 75^\circ\text{F} = 15^\circ\text{F}$. Por lo tanto para obtener se obtiene la carga de 3.020 Btu/h para ventanas sin protección y de 292 Btu/h para la ventana con persiana.

Paredes.

El área neta de las paredes para cada uno de los lados expuestos: este, $300 - 48 = 252\text{pies}^2$; sur, 750pies^2 , oeste, $300 - 166 = 134\text{pies}^2$. en la tabla 5 se busca el valor de U para estas paredes, 0.09 y en la tabla 6, se busca para construcciones livianas de color oscuro, el diferencial de temperaturas equivalente para cada pared expuesta a la hora del mediodía; este, 38; sur, 27 y oeste 24. Puesto que la diferencia de temperatura entre interior y exterior es de solamente 15°F se resta 5 grados a cada uno de los factores sacados en la tabla 6; este, $38 - 5 = 33$; sur, $27 - 5 = 22$ y oeste, $24 - 5 = 19$. luego se efectúa las multiplicaciones siguientes para obtener la carga a través de cada una de las tres paredes:

$$\text{Este: } 252 \times 0.09 \times 33 = 748 \text{Btu/h}$$

$$\text{Sur: } 750 \times 0.09 \times 22 = 1485 \text{Btu/h}$$

$$\text{Oeste: } 134 \times 0.09 \times 19 = 229 \text{Btu/h}$$

Techo/cielofalso:

El área del techo y cielo falso es de $2,250\text{pies}^2$. se busca el valor de U que es de 0.11 para este conjunto de techo y cielo falso en la tabla 5 y en la tabla 7 se busca la diferencia de temperatura equivalente en la columna DK (oscuro) al mediodía. La DT equivalente es de 65° . la diferencias de temperatura entre e interior y exterior es de solamente de 15°F al mediodía, o sea: $65 - 5 = 60^\circ\text{F}$ por lo tanto la multiplicación es de $2,250 \times 0.11 \times 60$ para obtener la carga de 14,850 Btu/h.

Piso:

El área del piso es de $2,250\text{pies}^2$ el valor de U es de 0.09 que se muestra en la tabla 5 . también la diferencia de temperatura de bulbo seco entre interior y exterior es de 15 grados y se efectúa la multiplicación: $2,250 \times 0.09 \times 15 = 3,038 \text{Btu/h}$ como ganancia de calor por el piso.

Ganancias de calor internas-personas:

Para determinar la ganancia de calor por persona se debe consultar la tabla 8 puesto que es la hora del medio día, asume que hay 14 personas en la cafetería y 6 personas más en distintos sitios del local. Los valores de calor sensible y latente que deben colocarse en el formato son 275 y 250 para sensible y 275 y 250 para latente respectivamente.

Para obtener las siguientes cargas se efectúa:

Sensible, comiendo = $14 \times 275 = 3,850 \text{ Btu/h}$.

Sensible, caminando = $6 \times 250 = 1,500 \text{ Btu/h}$.

Latente, comiendo = $14 \times 275 = 3,850 \text{ Btu/h}$.

Latente, caminando = $6 \times 250 = 1,500 \text{ Btu/h}$.

Ganancias de calor internas-luces y otros:

Los 6,000 vatios de luces fluorescentes y se multiplica por 4.1 para obtener la carga por iluminación de 24,600 Btu/h.

En la tabla 9 se busca los valores en Btu/h para los motores de $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{8}$ de caballo de fuerza en el refrigerador, para este caso un valor de 0.75 parece razonable para la hora del mediodía.

$$\frac{1}{4} \text{ hp: } 1,000 \times 0.75 = 750 \text{ Btu/h}$$

$$\frac{1}{8} \text{ hp: } 580 \times 0.75 = 435 \text{ Btu/h}$$

Equipos de cocina: en la tabla 10 se busca las ganancias de calor debidas a la cafetera y a la parrilla. Puesto que estos equipos están bajo una campana de extracción, las cargas serán sensibles únicamente. Para el caso de la cafetera la ganancia será de 500 Btu/h.

Para la parrilla la ganancia es el área multiplicada por el calor generado por pie^2 :

$$8 \times 250 = 2,000 \text{ Btu/h}$$

Infiltración o ventilación.

En la tabla 11 se buscan los cambios de aire por hora debido a la infiltración. El valor dado para este caso es de 1.2; por consiguiente los pies^3/min . de infiltración se calculan como:

$$10 \times 75 \times 30 \times 1.2 / 60 = 450 \text{ pies}^3/\text{min}$$

Esto se suma con la infiltración por la puerta oeste :

$$\text{TR} = 20 \text{ personas} / 2 \text{ puertas} = 1 \text{ h (estadía promedio)} = 10$$

$$\text{DT} = [95 - (23 \times 0.23)] - 75 = 15$$

$$\text{Inf} = 2 \text{ puertas} \times 8 \text{ pies}^3/\text{min (puerta)} = 16 \text{ pies}^3/\text{min}$$

La infiltración total es $450 + 16 = 466 \text{ pies}^3/\text{min}$.

Ventilación.

En la tabla 12 se buscan los requisitos de ventilación por persona así:

$$\text{Farmaceuta: } 1 \times 20 = 20$$

$$\text{Área de almacén: } 5 \times 7 = 35$$

$$\text{Área de cafetería: } 14 \times 30 = \underline{420}$$

$$\text{Total } 475 \text{ pies}^3/\text{min}$$

La campana de extracción tiene una capacidad de $600 \text{ pies}^3/\text{min}$., lo cual es más que suficiente para los requisitos de ventilación.

Como la ventilación es mayor que la infiltración, multiplique $600 \text{ pies}^3/\text{min}$. Con los 15°F de diferencia de temperatura BS: $(600 \times 185 \times 1.1 = 9,990 \text{ Btu/h}$ para obtener la carga sensible debida al aire exterior.

Se busca el valor de 4,220 Btu/h, para 90°FBS y 78°FBH ; se efectúa la multiplicación y división indicada para obtener la carga latente de 25,320 Btu/h.

Para calcular la carga sensible parcial, se suma la carga sensible por aire exterior

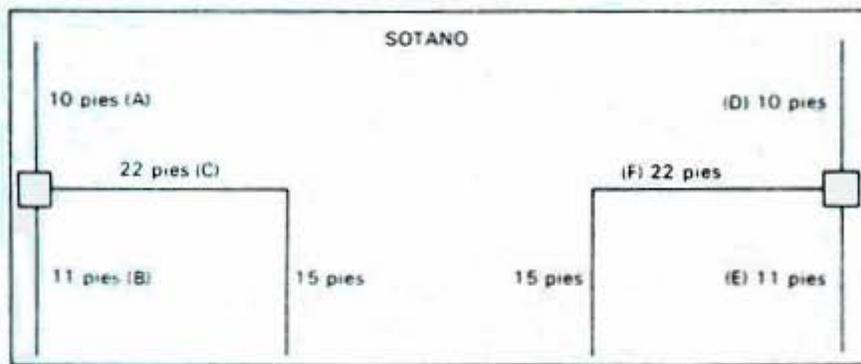
$$65,329 + 9,900 = 75,229 \text{ Btu/h}$$

Ganancia de calor en los ductos:

Se debe hacer un examen del sitio para determinar si alguna parte del sistema de ductos quedará expuesto a condiciones diferentes a las del espacio acondicionado a sea si alguna parte del sistema tendrá aire a su alrededor mucho más caliente que el que lleva al ducto por dentro. En este ejemplo se puede asumir razonablemente que los ductos quedarán localizados en el sótano que aunque está bien ventilado no está acondicionado.

Una vez asumidas estas condiciones será necesario, escoger una localización para los equipos y para los ductos. En este ejemplo es mejor utilizar dos equipos, para manejar las cargas, con mayor eficiencia.

Fig 3.2. Una posible localización de los sistemas se muestra:



Las rejillas de retorno se asume que están muy cerca del sitio de los equipos. El aislamiento de los conductos será de 2" de espesor en manta de fibra de vidrio. Con una velocidad promedio de 900 pies/min. La temperatura del aire alrededor de los ductos debe determinarse ahora para ver si será necesario aplicar un multiplicador al porcentaje de aumento para cada ducto.

La temperatura correspondiente es la temperatura exterior de bulbo seco al mediodía 90°F, puesto que las curvas de la tabla 15ª están basadas en una temperatura de 90°F para el aire alrededor de los ductos, no se necesita un multiplicador.

Puesto que la temperatura interior de diseño de bulbo seco para la droguería es de 75°F y la temperatura sobre la cual están basadas las curvas de la tabla 15ª es de 78°F, se deberá seleccionar un multiplicador para corregir el porcentaje de aumento. En la tabla 15d, se busca el multiplicador 1.08 correspondiente a 75°F.

También es importante considerar la configuración de los ductos, que estos sean redondos, cuadrados o rectangulares, para poder decidir si es necesario aplicar también un multiplicador de proporción de aspecto al porcentaje de aumento. Hay aparentemente suficiente altura en el sótano para acomodar ductos redondos, cuadrados o rectangulares además del aislamiento que sea necesario. Para minimizar el costo de los ductos y la ganancia de calor de ellos nos hemos decidido por los ductos redondos para este ejemplo.

En la tabla 15e se selecciona el multiplicador para ductos redondos que es de 0.84. estos multiplicadores se aplican al aumento para cada ducto para obtener el porcentaje de aumento modificado; también se multiplica la carga sensible para cada ducto por el porcentaje de aumento modificado y se divide por cada 100, para obtener las ganancias de

calor de cada ducto individualmente después se totaliza las ganancias de calor de todos los ductos y ramales, pero como ya dijimos anteriormente las rejillas de retorno estaban situadas muy cerca de las unidades, el resultado es una ganancia de calor insignificante en los ductos de retorno que no requiere ningún cálculo.

Para obtener las cargas sensible y latente total, se suma la ganancia de calor en los ductos a la carga sensible parcial $1,328+75,229 = 76,557\text{Btu/h}$ y la carga latente $25,328\text{Btu/h}$ a la carga latente parcial $5,350\text{Btu/h}$
Por lo tanto la carga total de enfriamiento es : la carga sensible total a la carga sensible total de enfriamiento : $76,557 + 30,670 = \underline{107,227\text{Btu/h}}$

Carga de calefacción.

Primero se sacan las pérdidas por transmisión; que es sacar el total de áreas en ventanas y puertas de paso:

Ventana este : 126
Puerta oeste : 40
Ventana este : 24
Puerta este : 24
Total : 214pies²

Después se saca el total de áreas de pared expuestas:

Pared oeste : 252
Pared sur : 750
Pared este : 134
Total : 1.136pies²

Se calcula el área de paredes en el sótano: $8X(30+75+30) = 1,080\text{pies}^2$

Se coloca el área total del techo / cielofalso $2,250\text{pies}^2$ así como el área del piso del sótano que sabemos que es el mismo.

Luego se buscan los valores de U para paredes y para Techo/cielofalso, en la tabla 5 y para ventanas y puertas .

Ventanas y puertas : 1.13
Paredes, almacén : 0.09
Techo / cielofalso : 0.12

Así como se buscan los factores de perdidas de calor para las paredes y pisos de sótano:
piso : 2.0 y paredes : 4.0.

Después se colocan las diferencias de temperaturas de bulbo seco 70°F , el cual ya se encontró anteriormente, por o tanto se multiplica para encontrara la carga de calefacción :

Ventanas : $214X1.13X70 = 16,927\text{Btu/h}$
Paredes, almacén : $1,136X0.09X70= 7,157\text{Btu/h}$
Paredes, sótano : $1,080X4.0 = 4,320\text{Btu/h}$
Techo/ cielofalso : $2,250X0.12X70 = 18,900\text{Btu/h}$
Piso (sótano) : $2,250X2.0= 4,500\text{Btu/h}$

Para determinar la infiltración se calcula el volumen dela almacén:

10pies X 75pies X 30pies = 22,500pies² se multiplica este volumen por el número de cambios de aire por hora (2,0) y se divide por 60

22,500(2.0) / 60 = 750pies/min. Para el área de ventanas de almacén.

Aunque el sótano tiene algunas ventanas por debajo del nivel, puesto que no habrá infiltración por puertas y paredes, se puede considerar de todas formas como una pieza sin ventanas o puertas, la tabla 11 muestra el factor de cambio de aire 0.25 bajo el título “sellamientos y marcos para tormentas” también puede ser usado. La infiltración en el sótano se calcula :

$$\frac{8\text{pies} \times 75\text{pies} \times 30\text{pies} \times 0,25 \text{ cambios/h}}{60 \text{ min/h}} = 75 \text{ pies/min.}$$

A la infiltración por ventanas y paredes se suma la infiltración por puertas:

$$\text{TR} = \frac{20\text{personas}}{2\text{puertas} \times 1 \text{ h}} = 10$$

DT = 70 (interpone para hallar 28 pies³/min.

Inf. = 2 puertas X 28 pies³/min. Esto es de la puerta.

Inf. = 56pies³/min.

La infiltración total para el almacén es de : 750 +75 +56 = 881 pies³/min.

Se multiplica la diferencia de temperaturas de bulbo seco 70°F por 1.1 y por 881 pies³/min., para obtenerla carga de calefacción por infiltración : 67,837Btu/h.

Humidificación:

Se busca en la tabla 19 la máxima humedad relativa, 11% y en la tabla 20b, se ve para determinar la capacidad de humidificación requerida a un 10% de HR interior y 0°F de temperatura exterior. Esta resulta ser de 1.3 galones / día por cada 100pies³/min., con una carga de calefacción correspondiente de 400Btu/h por cada 100pies³/min.

Por lo tanto la carga total de calefacción se mide con la suma de carga de calefacción:

	Carga de calefacción.
Ventanas	16 927
Paredes.	7 157
	4 320
Techo /cielofalso	18 900
Piso	4 500
Infiltración o ventilación.	67 837
Carga de humidificación	<u>4 229</u>
Carga de calefacción total	123 870 Btu /h

Carga total de calefacción: 123 870 Btu/h

∴

EJEMPLO 2

Un almacén de muebles esta distribuido de la siguiente manera:

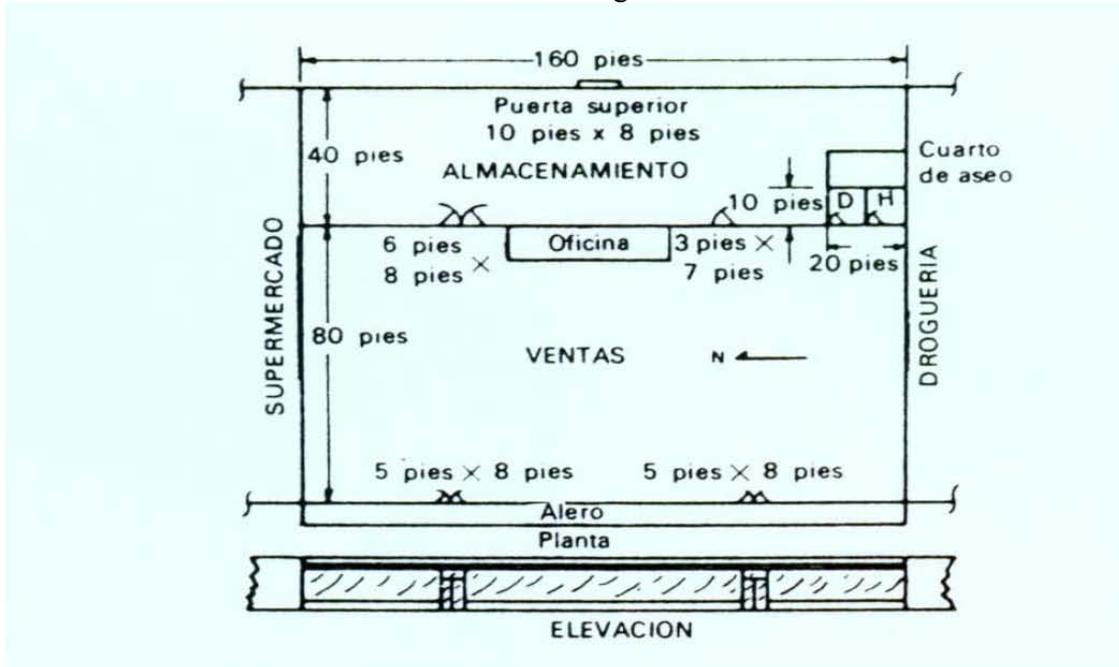


Fig. 3.3 distribución del almacén de muebles.

Esta construido con vidrios planos sellado; con paredes de en frente de cara de ladrillo de 4" con 8" de bloque de ceniza, 1" de paneles de poliestireno como aislante térmico y enchape interior con paneles de 1/2" de cemento, color oscuro. Y la pared de espalda esta construida de un bloque de ceniza de 8", 1" de paneles de poliestireno como aislamiento y 1/2" de paneles de cemento, con particiones de bloques de ceniza de 4" con una altura de cielofalso de 12 pies. Con una puerta de frente de vidrio plano templado: particiones y parte alta con madera de 1". Techo / Cielofalso, color claro, techo hacia arriba (levantado) con cubierta de acero, de 2" de aislamiento y 1/2" de teja de cemento.

Tiene un piso de losa de concreto a nivel con 1" de aislamiento por los bordes exteriores.

Con una iluminación de 320 tubos de 40 vatios en el área de ventanas y exhibición estos son fluorescentes y con 20 lámparas de 100 vatios en el área de bodega estos son incandescentes. También cuentan con 7 motores de 1/8hp en los distintos equipos de oficina.

Por lo regular siempre hay 50 clientes y 7 empleados, promedio que estaría es de 1/2 h.

Las condiciones interiores de diseño para invierno es de 72°F BS, máxima HR para evitar condensación en las ventanas. Para el verano es de 80°F BS, 50% HR

Se debe de calcular la carga de enfriamiento y la carga de calefacción.

Solución:

La ganancia de calor por radiación solar a través de vidrios:

Puesto que el alero de 6 pies protege parcialmente del sol a la ventana del frente del edificio, que mira hacia el oeste y puesto que a las 3 PM. se puede esperar que se presente

la carga pico, el cálculo de ganancia de calor por radiación solar a través de los vidrios consiste de varios pasos : el cálculo del área de vidrio que está con sombra; segundo el calculo del área de la ventana que recibe del sol directamente y tercero, el cálculo de las dos ganancias de calor por radiación solar usando factores de ganancia de calor.

Por lo tanto se multiplica la longitud de alero de 6 pies por el factor 0.97 sacado de la tabla correspondiente, para obtener la distancia vertical que hay desde la parte inferior del alero hasta la línea de sombra $6 \text{ pies} \times 0.97 = 5.82 \text{ pies}$. Esto se le resta la distancia desde el alero hasta la parte superior de la ventana, de la distancia que hay entre el alero y la línea de sombra.

El resultado es : $5.82 \text{ pies} - 2 \text{ pies} = 3.82 \text{ pies}$, es la altura de la parte del vidrio con sombra. Esta altura multiplicada por la longitud de la ventana da el área de vidrio que está bajo sombra $3.82 \text{ pies} \times 160 \text{ pies} = 611 \text{ pies}^2$.

Para hallar el área de la parte asoleada de la ventana se resta el área con sombra del área total de la ventana: $1,300 - 611 = 689 \text{ pies}^2$.

De la tabla 1 se saca el factor 32 para el vidrio que da hacia el norte y el factor 168 para el vidrio que da hacia el oeste que corresponde a los vidrios que les da el sol, así como el factor de corrección 0.95 que corresponde a los vidrios planos según la tabla 2. con todo esto se obtienen las cargas de enfriamiento:

$$611 \times 32 \times 0.95 = 18,574 \text{ Btu/h.}$$

$$689 \times 168 \times 0.95 = 109,964 \text{ Btu/h.}$$

Sin el alero, la ganancia de calor por radiación solar a través de los mismos vidrios seria de 207,480 Btu/h.

Ganancia por transmisión.

Ventanas; el área total en vidrio es de $1,300 \text{ pies}^2$, se busca el valor de U para el vidrio que es de 1.06; también se especifica la diferencia de temperatura de bulbo seco y se efectúa la multiplicación para obtener la ganancia de calor por transmisión:

$$1.300 \times 1.06 \times 15 = 20,670 \text{ Btu/h.}$$

Paredes; hay que tener en cuenta que la parte alta de la pared del frente, la que esta encima del vidrio esta protegida por la sombra del alero a las 3:00pm y por lo tanto debe considerarse como una pared que da hacia el norte. La parte de la pared por debajo de la ventana estará asoleada a las 3:00pm y debe considerarse como mirando hacia el oeste.

Por lo tanto se calcula el área de la pared del frente que está por encima de la ventana:

$$160 \times 2 = 320 \text{ pies}^2$$

De la tabla 5 se busca el valor de U para la pared, la cual es de 0.12 y de la tabla 6 se saca la diferencia equivalente de temperatura para una pared oscura, que es de 12, esta es de construcción mediana pesada que mira hacia el norte.

$$12 - (20-15) = 12-5 = 7 \text{ °F}$$

Este resultado se multiplica para obtener la carga: $320 \times 0.12 \times 7 = 269 \text{ Btu/h.}$

El área de la parte asoleada de la pared del frente es de $320 - 20 = 300 \text{ pies}^2$. el valor de U es de 0.12 y la diferencia de temperatura es de 17 es decir : $17 - 5 = 12$ con este resultado obtenemos la carga : $300 \times 0.12 \times 12 = 432 \text{ Btu/h.}$

Puertas: el área total es de $48 + 21 = 69 \text{ pies}^2$ de las puertas, situadas en la partición entre el área de exhibición y el área de bodega.

Se busca el valor de U, que corresponde a 0.61 y se utiliza la diferencia de 10°F para obtener la carga: $69 \times 0.61 \times 10 = 421 \text{ Btu/h}$.

Particiones; el área de las particiones entre el área de bodega y el área de ventanas y exhibición, entre el área de bodega y los baños y entre el cuarto de herramientas y los baños, $(140 + 10 + 20) \times 12 = 2,040 \text{ pies}^2$ a este total se le resta el área de las puertas para obtener el área neta de las particiones: $2,040 - 69 = 1,971 \text{ pies}^2$.

Después se busca el valor de U en la tabla 5, la cual corresponde a 0.40 y se busca la diferencia de temperatura $DT = 10$, la cual es usada en la parte de las puertas:

$$1,971 \times 0.40 \times 10 = 7,880 \text{ Btu/h para obtener la carga.}$$

Cielo falso; se calcula el área de cielo falso en las áreas acondicionadas:

$$(160 \times 80) + (10 \times 20) = 13,000 \text{ pies}^2$$

Se busca el valor de U en la tabla 5, el cual corresponde a 0.17, así como la diferencia de temperatura equivalente: $50 - (120 - 150) = 50 - 5 = 45$ este resultado se multiplica en las cantidades encontradas para obtener la carga:

$$13,000 \times 0.17 \times 45 = 99,450 \text{ Btu/h.}$$

Pisos; no existe ganancia de calor a través de una losa de concreto que está a nivel del suelo.

Ganancias de calor internas-personas:

Pensemos que las 57 personas están en las áreas acondicionadas en el momento de la carga pico, debemos de buscar las cargas sensibles y latentes en la tabla 8, una vez encontradas obtenemos las cargas:

$$\text{Sensible: } 57 \times 250 = 14,250 \text{ Btu/h}$$

$$\text{Latente: } 57 \times 250 = 14,250 \text{ Btu/h}$$

Luces y otros:

Sacamos el total de vatios fluorescentes: $320 \times 40 = 12,800$ vatios y por consiguiente la carga de enfriamiento: $12,800 \times 4.1 = 52,480 \text{ Btu/h}$.

En la tabla 9 se saca la ganancia de calor en Btu/h (580) para un motor de 1/8 hp y se multiplica por 7 para obtener la carga total, 4,060 Btu/h se utiliza el factor de trabajo razonable que es igual 0.25 y se multiplica para obtener la carga de enfriamiento: 1,015 Btu/h.

Infiltración:

La infiltración durante el verano debe calcularse únicamente para el área de ventas ya que la bodega no está acondicionada. Los cálculos están basados en los factores de la tabla 11.

$$\frac{160 \text{ pies} \times 80 \text{ pies} \times 12 \text{ pies} \times 0.06}{60} = 1,536 \text{ pies}^3/\text{min.}$$

La infiltración a través de puertas: $TR = 50 / (0.5 \times 4) = 25$ use 20

TD = 15 use 20

Inf. 4 puertas $\times 16 \text{ pies}^3/\text{min.} = 64 \text{ pies}^3/\text{min.}$

Infiltración total:

$$1,536 + 64 = 1,600 \text{ pies}^3/\text{min.}$$

Ventilación:

Los requisitos de ventilación son los siguientes:

Ventas: 7 $\text{pies}^3/\text{min.}$ por persona.

Baños: 15 $\text{pies}^3/\text{min.}$ por persona.

Los cálculos de ventilación son los siguientes:

$$\text{Ventas: } 55 \times 7 = 385$$

$$\text{Baños: } 2 \times 15 = \underline{30}$$

$$\text{Total: } = 415 \text{ pie}^3 \text{ min.}$$

La infiltración excede ampliamente los requisitos de ventilación, por consiguiente se multiplica la infiltración total por la diferencia de temperatura y por 1.1 para obtener la carga sensible, dividida por 100 y multiplique el factor 3.291 el cual es sacado de la tabla 14b para obtener la carga latente:

$$1,600 \times 15 \times 1.1 = 26,400 \text{ Btu/h, sensible.}$$

$$1,600/100 \times 3.291 = 52,656 \text{ Btu/h, latente.}$$

Ganancia de calor en los ductos: una alternativa lógica de equipo para este almacén puede ser una unidad enfriadora y de calefacción de techo con ductos integrales de suministro y retorno localizados directamente debajo de la unidad. Resistencias independientes pueden utilizarse para calentar el área de la bodega. Con esta alternativa no habrá ductos de longitud apreciables expuestos a condiciones exteriores y por consiguiente no habrá ni ganancias ni pérdida de calor a través de ductos. Si se decidirá instalar un sistema de ductos expuestos, tendríamos que calcular necesariamente las pérdidas y las ganancias de calor en los ductos.

Carga sensible y latente totales: se totaliza las cargas sensibles usando las parciales el cual corresponde: carga sensible total: 351,805 y carga latente total: 66,906.

Carga total de enfriamiento: es la suma de la carga sensible y la carga latente.

$$\text{Carga sensible total: } 351,805$$

$$\text{Carga latente total: } \underline{66,906}$$

$$\text{Total: } 418,711 \text{ Btu/h}$$

$$\text{Carga de enfriamiento total: } \underline{418,711 \text{ Btu/h.}}$$

Carga de calefacción.

Perdidas por transmisión:

Ventanas:

El total de pies cuadrados de ventana y de puertas de vidrio es de: $611+689 = 1,300 \text{ pies}^2$.

El área de la parte alta de la puerta frontal es: $10 \times 8 = 80 \text{ pies}^2$. Se busca el valor de U para el vidrio, el cual le corresponde de 1.13 y se busca el valor de U para la parte alta de la madera de la puerta del frente, su valor es de 0.64, así como la diferencia de temperatura de bulbo seco a 48°F .

$$1,300 \times 1.13 \times 48 = 70,512 \text{ Btu/h.}$$

$$80 \times 0.64 \times 48 = 2,458 \text{ Btu/h.}$$

Paredes: se calcula el área bruto de las paredes:

$$\text{Frente: } 160 \times 12 = 1,920 \text{ pies}^2$$

$$\text{Espalda: } 160 \times 12 = 1,920 \text{ pies}^2$$

Se resta el área de las ventanas y puertas para obtener el área neta de paredes:

$$\text{Frente: } 1,920 - 1,300 = 620 \text{ pies}^2$$

$$\text{Espalda } 1,920 - 80 = 1,840 \text{ pies}^2$$

Se busca el valor de U para las paredes de frente que es de 0.12 y espalda que también es de 0.12 para obtener las pérdidas:

$$\text{Frente: } 620 \times 0.12 \times 48 = 3,571 \text{ Btu/h}$$

$$\text{Espalda: } 1,840 \times 0.12 \times 48 = 10,598 \text{ Btu/h}$$

Techo/cielo falso: el área de techo es de $120 \times 160 = 19,200$ pies²

Se busca U y la diferencia de temperatura: $19,200 \times 0.13 \times 48 = 119,808$ Btu/h.

Piso: se totaliza los pies lineales de perímetro de losa expuesto $160 + 160 = 320$ pies.

Se busca el valor de pérdida por los perímetros de losas de concreto, el cual equivale a 30 y se multiplica la longitud de perímetro expuesto por el factor para obtener la pérdida:

$$320 \times 30 = 9,600 \text{ Btu/h.}$$

Infiltración o ventilación.

Infiltración: se calcula el volumen total del almacén bodega y ventas:

$$\text{Ventas: } 160 \times 80 \times 12 = 153,600 \text{ pies}^2$$

$$\text{Bodega: } 160 \times 40 \times 12 = 76,800 \text{ pies}^2$$

Se multiplica los volúmenes por el factor de cambios de aire por hora (1.00) y se divide el resultado por 60:

$$\text{Ventas: } \frac{153,600 \times 1.0}{60} = 2,560 \text{ pies}^2/\text{min.}$$

$$\text{Bodega: } \frac{76,800 \times 1.0}{60} = 1,280 \text{ pies}^2/\text{min.}$$

$$3,840 \text{ pies}^2/\text{min.}$$

Este resultado se debe de dividir entre dos para obtener la infiltración para todo el edificio o sea $1,920$ pies³/min. A esto se suma la infiltración por la puerta:

$$\text{Frente de la puerta: } TR = 50 / 0.5 \times 4 = 25 \text{ (use 20)}$$

$$DT = 48 \text{ (use 40)}$$

$$\text{Inf.} = 4 \text{ puertas} \times 846 \text{ pies}^3/\text{min. (Puerta).}$$

$$\text{Inf.} = 3,384 \text{ pies}^3/\text{min.}$$

Puerta trasera; se recomienda considerar este punto cuidadosa y razonablemente, basándose en la información suministrada por el administrador.

Peor situación:

$$TR = 400 \text{ (equiv.) (Días que la puerta permanece abierta)}$$

$$DT = 48 \text{ (use 40)}$$

$$\text{Inf.} = 4 \times 1,750 = 7,000 \text{ pies}^3/\text{min.}$$

Situación óptima:

$$TR = 0 \text{ (no hubo entregas de o despachos)}$$

$$DT = 48 \text{ (use 40)}$$

$$\text{Inf.} = 4 \times 746 = 2,984 \text{ pies}^3/\text{min.}$$

Condición probable:

Cerrando la puerta movida por el motor lo más posible durante las operaciones de carga y descarga, es que la infiltración durante los días corriente, puede ser un promedio de los dos estimativos anteriores:

$$\frac{7,000 + 2,984}{2} = 4,992 \text{ ó } 5,000 \text{ pies}^3/\text{min.}$$

La infiltración total por las puertas será entonces $3,384 + 5,000 = 8,384$ u $8,000$ pies³/min.

La infiltración total es de $1,920 + 8,000 = 9,920$ pies³/min.

Ventilación.

Buscando la ventilación adecuada para cada punto del almacén se obtienen los siguientes datos:

$$\text{Ventas: } 7 \text{ pies}^3/\text{min. Por persona.}$$

$$\text{Bodega: } 5 \text{ pies}^3/\text{min. Por persona.}$$

Oficinas: 15 pies³/min. Por persona.

Baños: 15 pies³/min. Por persona.

Un estimativo del mínimo de personas que están en cada área puede ser:

Ventas:	46
Bodega:	2
Oficinas:	5
Baños:	<u>4</u>
	57

Multiplicando la cantidad de ocupantes por los valores recomendados de ventilación por persona obtenemos:

Ventas:	46 X 7
Bodega:	2 X 5
Oficinas:	5 X 15
Baños:	<u>4 X 15</u>
Total	467 pies ³ /min.

Puesto que la infiltración 3,360 pies³/min. Sobrepasa la ventilación y la diferencia de temperatura es de DT: 48°F se multiplican para obtener la pérdida: 3,360 X 48 X 1.1 = 117,408Btu/h.

Humidificación:

En tablas se busca la máxima HR con el fin de evitar la condensación en las ventanas. Interpolando entre 20° y 30°F se puede obtener una máxima HR interior de 26.6% con una condición de 24°F como temperatura exterior de diseño y 72°F como temperatura interior de diseño, en un edificio con ventanas de vidrio sencillo, tiene un HR interior de 25%, para estar en el lado seguro y en el punto opuesto a una temperatura de bulbo seco exterior de 25°F, la información correspondiente a la cantidad de agua, es de 2.5 galones/día, por cada 100 pies³/min y a la cantidad de calor, 920Btu/h por cada 100 pies³/min, necesarios para el proceso de humidificación; estos datos los obtenemos para poder sacar la carga de humidificación:

$$\text{Humidificación: } (3,360 \div 100) \times 920 = 30,912 \text{ Btu/h.}$$

Carga parcial de calefacción: se totaliza todos los datos obtenidos, de las pérdidas por transmisión, infiltración o ventilación y la carga de humidificación; por lo tanto la carga parcial de calefacción es de 424,867 Btu/h.

Carga total de calefacción: 424,867Btu/h.

CUARTO

CAPÍTULO

IONIZACIÓN DEL AIRE

IV. IONIZACION DEL AIRE.

La ionización del aire es la producción de moléculas o átomos de aire con carga eléctrica (positiva o negativa); fenómeno que se da normalmente en el aire que respiramos; por lo tanto es una electricidad presente en la atmósfera de la tierra, con variaciones locales a veces muy pronunciadas. La relación usual en el campo es de cuatro negativos contra cinco positivos.

La energía o potencial de ionización, es la energía necesaria para separar un electrón de un átomo. Un ión es simplemente un átomo con una determinada carga eléctrica, el átomo posee la misma cantidad de protones (+) que de electrones (-) o sea que posee cargas equilibradas (neutro). Cuando por alguna razón pierde un electrón, el átomo que antes era neutro ahora pasa a ser un ión Positivo porque predomina la carga positiva, por el contrario si ingresa mas de un electrón el átomo pasa a ser un ión negativo.

Los iones influyen notablemente en nuestros procesos biológicos y psíquicos. La ionización del aire es fundamental en la creación y mantenimiento de la vida en la Tierra y existen factores que alteran drásticamente la proporción de iones de uno y otro signo.

La ionización positiva del aire es perjudicial para el ser humano, los animales y las plantas. A todas las personas, en mayor o menor grado, nos afecta este desequilibrio ya que puede provocarnos cansancio, dolor de cabeza, tendencia a la depresión, irritabilidad, insomnio.... El exceso de iones positivos se da normalmente en las ciudades debido a que la contaminación atmosférica destruye los iones negativos, pero en el campo y en las montañas abundan los negativos.

Los iones positivos se forman por la acción de los rayos ultravioleta del sol, y por los rayos cósmicos. También se suelen producir por fricción de masas de aire entre sí, siendo el fenómeno especialmente notable en las horas anteriores a una tormenta. Los días húmedos o polvorientos hay exceso de iones positivos porque los iones negativos desaparecen al adherirse al polvo y al agua. Existen fuentes artificiales que también los producen como: la contaminación atmosférica, el aire acondicionado, las pantallas de TV (un televisor puede llegar a producir un campo de 20.000 voltios), las pantallas de computadoras, las fibras sintéticas; en las casas hay además aparatos eléctricos que producen campos estáticos que generan iones positivos.

Algunos vientos, que proceden normalmente de zonas cálidas y secas, transportan gran cantidad de iones positivos y originan desarreglos en la composición iónica de la atmósfera de las zonas por donde soplan.

La ionización negativa del aire, por el contrario, produce relajación y aumenta el rendimiento corporal y psíquico. Pero el efecto más importante es la reducción del stress debido a que los iones negativos reducen una hormona, la Serotonina, llamada por los médicos "la hormona del stress".

Los iones negativos se forman por las descargas eléctricas de los rayos, por la función clorofílica de las plantas y por la emisión de la radiactividad natural de la tierra. Por eso las zonas montañosas son lugares de especial ionización negativa, porque los estratos rocosos son más radiactivos que la corteza común. Una importantísima fuente de ionización negativa es el agua en movimiento (duchas, fuentes, saltos, cascadas, la orilla del mar) porque cuando el agua choca y la gota se divide, la parte más volátil del agua, que es la que se respira, queda cargada negativamente (Efecto Lenard).

En la mayoría de los fenómenos atmosféricos se puede considerar al aire como un aislante casi perfecto, sin embargo siempre es posible detectar y medir una corriente eléctrica débil en la atmósfera (con o sin nubes).

En ausencia de nubes, es decir, en condiciones de buen tiempo, se puede detectar la existencia de un campo eléctrico muy tenue normal a la superficie terrestre, orientado de arriba a abajo y que decrece con la altura:

$$E = - dV/dz \dots (10)$$

Como referencia se considera a la tierra con potencial cero y a la atmósfera con potencial positivo. El campo de buen tiempo se debe a la pequeña conductividad que poseen los iones que se encuentran en la atmósfera producidos principalmente por:

Rayos cósmicos: en general son protones muy energéticos que penetran en la atmósfera chocando con las moléculas neutras del aire de forma que se puede liberar algún electrón y la radiación ultravioleta solar que produce el mismo efecto que la anterior aunque en este caso la ionización es producida por un fotón. Ambos fenómenos ocurren principalmente en la alta atmósfera, por encima de 70 km y, aunque su efecto puede llegar a la superficie terrestre, su efecto queda muy atenuado.

Otra forma de producir esta conductividad es por radiación terrestre natural: principalmente sobre los continentes y de un efecto muy pequeño comparado con los dos anteriores.

Como consecuencia de los procesos anteriores aparece una capa atmosférica, llamada IONOSFERA, caracterizada por un brusco aumento de la conductividad eléctrica. Este hecho es particularmente intenso a partir de los 80 kms. En ella los gases están ionizados al haber perdido los electrones más periféricos que quedan libres circulando entre iones positivos, negativos y moléculas neutras. Sus características comienzan a ser parecidas a las de un conductor metálico. Podemos considerar la IONOSFERA como un conductor, casi perfecto, donde en su interior, debido a la gran conductividad, el campo eléctrico es nulo y sus superficies externas son equipotenciales.

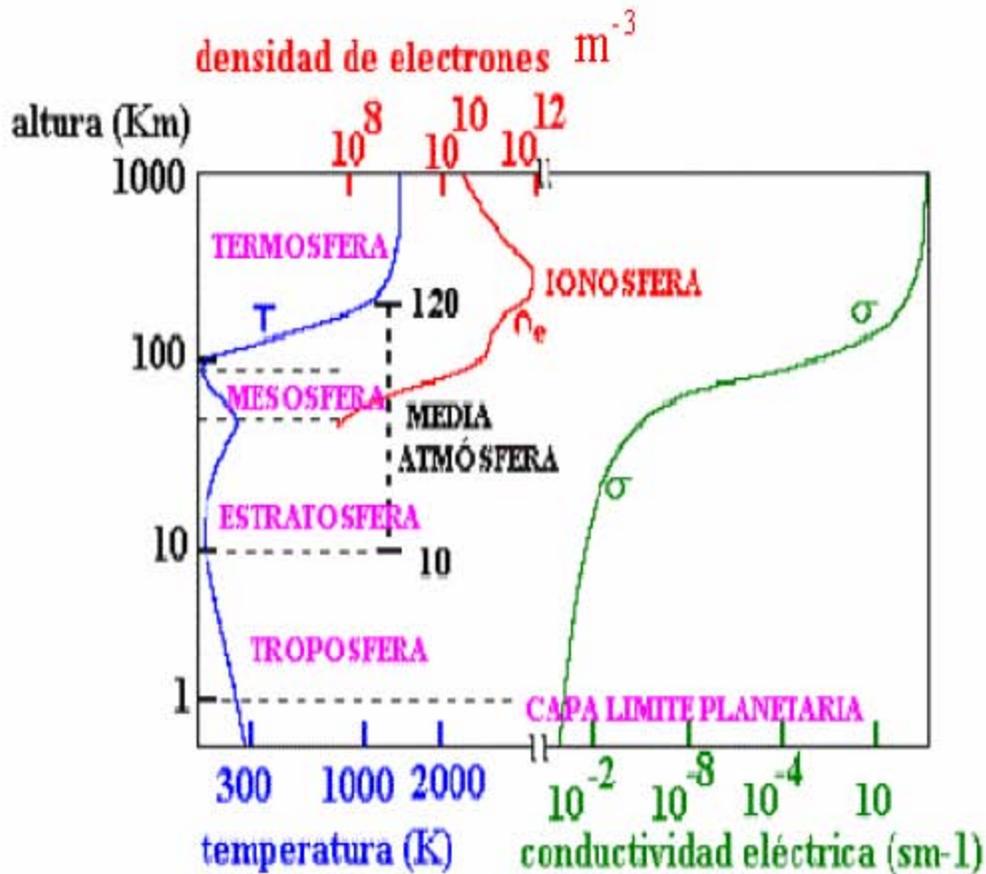


Fig.4. Perfiles verticales de conductividad eléctrica, temperatura y densidad eléctrica en la atmósfera.

Se pueden ver en la figura los perfiles atmosféricos desde el punto de vista térmico y eléctrico. La IONOSFERA coincide con la mesosfera y termosfera. Se puede observar también un aumento brusco de la conductividad eléctrica y del número de electrones en ella.

Lógicamente la conducción atmosférica se deberá a los componentes que posean una carga neta positiva o negativa. Las cargas positivas se moverán hacia potenciales decrecientes (hacia abajo en condiciones de buen tiempo) y viceversa.

En la figura se representa el campo eléctrico, la conductividad y la corriente producida en condiciones de buen tiempo (ausencia de nubes), todo ello para los 12 primeros km de la atmósfera. Se puede observar cómo las corrientes de buen tiempo permanecen constantes con la altura ya que son proporcionales al producto de la conductividad por el campo eléctrico y, como se refleja en la figura, los dos parámetros varían de forma inversa con la altura.

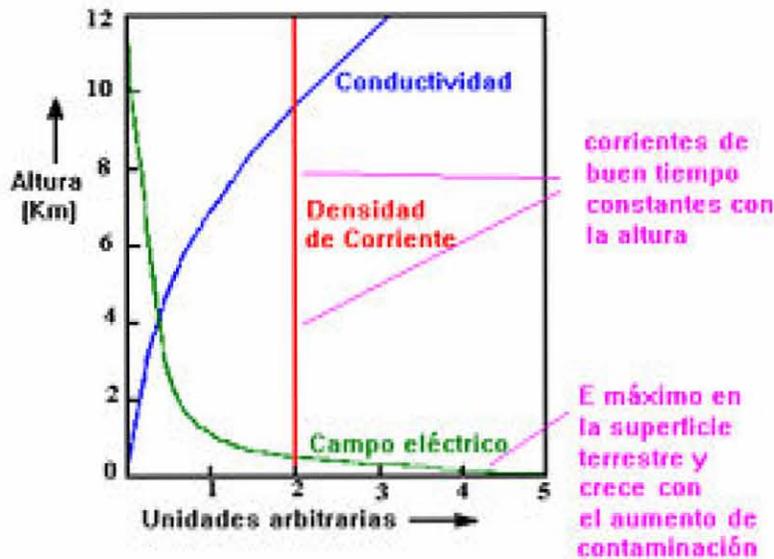


Fig 4.2. Propiedades eléctricas de atmósfera de buen tiempo.

Cuando existe contaminación en las capas bajas de la atmósfera la captura de los iones por los aerosoles cercanos a la superficie de la tierra hacen aumentar fuertemente el campo eléctrico, llegándose a medir en condiciones de fuerte contaminación valores de E cercanos al suelo del orden de 500V/m , cuando en una capa bien mezclada en verano los valores del campo eléctrico son aproximadamente de 130V/m .

Circuito Eléctrico Global

El modelo eléctrico que generalmente se asocia a la atmósfera es el de un condensador esférico. Su cara interna sería la superficie terrestre, cargada negativamente, y la externa, la ionosfera, cargada con signo opuesto. El campo E disminuye con la altura (mayor en las cercanías de la superficie terrestre y nulo en la ionosfera) ya que el aire no es un dieléctrico perfecto (E sería constante) al poseer cargas debido a procesos de ionización.

La corriente eléctrica generada entre las dos placas del "condensador atmosférico" se denomina corriente de buen tiempo, corriente de retorno ó corriente de conducción aire-tierra. esta corriente es independiente de la altitud y produciría la descarga del condensador eléctrico en aproximadamente una hora.

Este hecho no se produce en la realidad por lo que debe existir algún mecanismo que se encargue de mantener la diferencia de potencial entre las dos placas y el campo eléctrico de buen tiempo asociado. Parece ser que son las tormentas las principales responsables del mantenimiento y "cierre" de este circuito global.

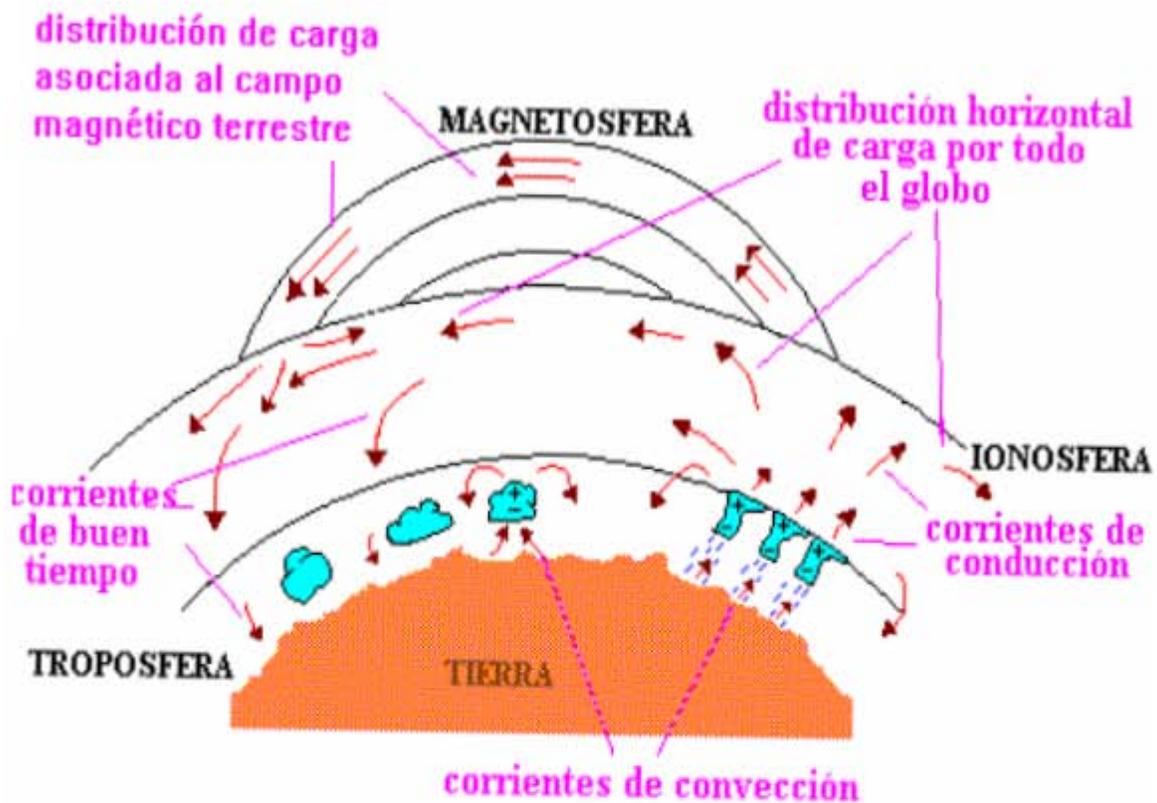


Fig. 4.3 Circuito global simplificado.

Entre la superficie de la tierra y la nube se produciría un ascenso de cargas positivas o un descenso de negativas. Por encima de la nube las tormentas aportarían cargas positivas que fluyen hacia la ionosfera en forma de una corriente de conducción.

El rápido incremento de la conductividad eléctrica con la altura confina la corriente en un columna vertical que fluye desde la tormenta hasta la ionosfera. Parte de estas corrientes ascendentes circulan influidas por el campo magnético terrestre.

El campo magnético terrestre y la ionosfera redistribuyen la carga horizontalmente por todo el globo. Desde la ionosfera la corriente fluye hacia abajo como corriente de buen tiempo.

4.2. TEORÍAS DE IONIZACIÓN.

Para entender mejor como se origina la ionización del aire es importante conocer algunas teorías que se basan en el posible efecto del campo eléctrico terrestre, como elemento fundamental en la generación de cargas; siendo las más destacadas:

- Teoría de precipitación.
- Teoría de la convección.
- Teoría inductiva de Elster Geitel.
- Teoría inductiva de Wilson.
- Teoría de Wilson y Simpson.
- Efecto corona.

4.2.1 TEORÍA DE LA PRECIPITACIÓN.

En la teoría de la precipitación se parte de un estado en el que la nube es capaz de producir gotitas de agua lo suficientemente grandes para que no puedan ser mantenidas por las corrientes ascendentes. Por efecto de la gravedad las gotitas de agua caen interaccionando con las partículas (sólidas y/o líquidas) de menor tamaño que aún siguen ascendiendo. Las colisiones producen una separación de cargas (parecida a la que ocurre por frotamiento): las mayores quedan cargadas negativamente y las pequeñas positivamente. Las corrientes aéreas y la gravedad tienden a separarlas del lugar donde se generaron.

Algunos autores apuntan que el choque o colisión pueda ser o no de tipo selectivo, al estar polarizadas las partículas mayores. La figura del apartado siguiente recoge uno de los modelos de carga para partículas polarizadas por el campo eléctrico E según las ideas de Elster-Geitel y de Wilson respectivamente.

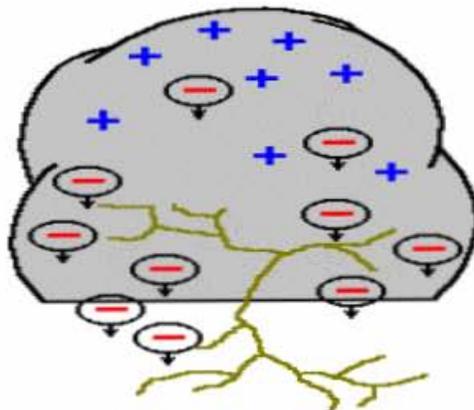


Fig 4.4 Teoría de la precipitación.

4.2.2 TEORÍA DE LA CONVECCIÓN

En los procesos de electrificación por convección no es necesario la presencia de la precipitación, basta que existan fuertes corrientes ascendentes que puedan "arrancar" las cargas positivas que se han acumulado en ciertas zonas cercanas a la superficie terrestre (debajo de la nube).

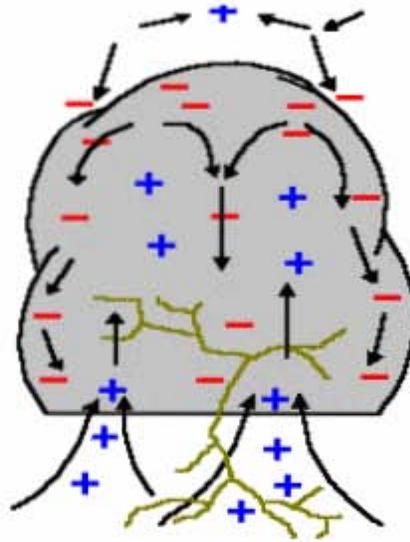


Fig 4.5. Teoría de la convección.

Estas corrientes las transportan a niveles más altos por la rama ascendente, que se encuentra en el interior de la nube, mientras que en niveles superiores los rayos cósmicos ionizan a las moléculas del aire. Las cargas negativas así generadas son atraídas por las positivas de la nube formando una especie de "capa pantalla" a la vez que son transportadas por las corrientes descendentes de la periferia hacia abajo. Se forma una especie de dipolo positivo.

4.2.3 TEORÍA INDUCTIVA DE ELSTER-GEITEL

Esta teoría también es conocida como teoría de influencia electrónica y está fundamentada sobre estudios realizados a una gota. En esta teoría inductiva las partículas grandes, polarizadas, que descienden, chocan con otras menores. Tras el impacto, la partícula pequeña queda cargada positivamente y las grandes negativamente. La cantidad de carga que se puede transferir en una colisión entre dos gotas que están polarizadas depende:

- Del ángulo de contacto con respecto a la dirección del campo E.
- Del tiempo de contacto.
- Del tiempo de relajación de la carga (tiempo necesario para la redistribución de la carga)
- De la carga neta de las gotas.
- De la magnitud de la polarización de cada una de las gotas.

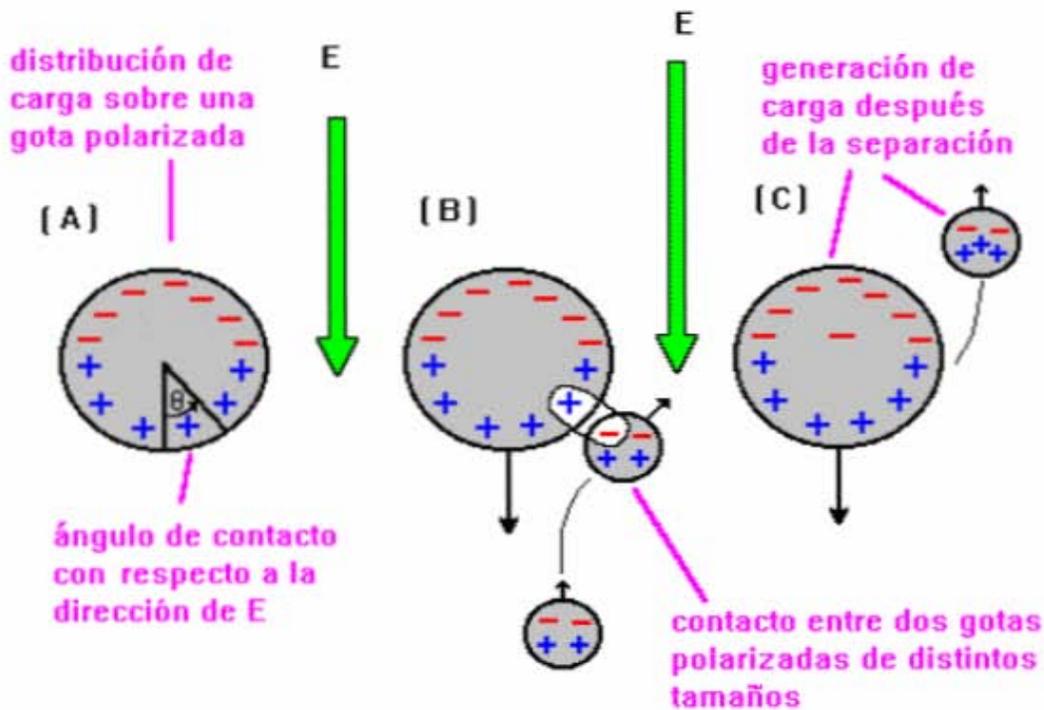


Fig. 4.6. Modelo inductivo de Elster - Geitel

Según se puede apreciar en la figura después de la colisión descendería la gota grande con un exceso de carga negativa y ascendería (o descendería más lentamente) la gota más pequeña con un exceso de carga positiva. Por lo tanto el campo E se vería reforzado con este mecanismo.

4.2.4 TEORÍA INDUCTIVA DE WILSON

Es llamada también ionización de la gota de lluvia. En el modelo inductivo de Wilson (1929), la captura es selectiva. Las gotitas nubosas más grandes descenden por efecto de la gravedad dentro de la nube. En el caso de que las gotitas cargadas más pequeñas se muevan lentamente, solamente las cargadas de forma negativa serán interceptadas por las que descenden (Fig. b), mientras que si se desplazan rápidamente serán capturadas por igual tanto las + como las - por las gotas más grandes Fig. (a).

El viento a su vez arrastra los iones hasta la nube donde los negativos son atraídos por carga positiva en la parte inferior de la gota. Los iones positivos son repelidos al mismo tiempo y transportados por el aire hacia la parte superior de la nube, escapando así a la atracción de la mitad superior de la gota, la cual continúa su caída, por consiguiente sólo con carga negativa, la nube denota entonces una carga positiva en su mitad superior y una carga negativa en su mitad inferior.

Muchos investigadores apuntan a que la electrificación por el choque o frotamiento es más intenso entre el hielo y granizo que los producidos entre las gotitas de agua, a la hora de electrificar a una nube. En esta teoría se prima la existencia de partículas precipitables y su

estado físico frente a la existencia de corrientes ascendentes y descendentes intensas y el campo eléctrico previo. El resultado final sería el de una nube con estructura bipolar positiva: las partículas más pesadas caerían a niveles inferiores (-) y las más pequeñas irían a los superiores (+).

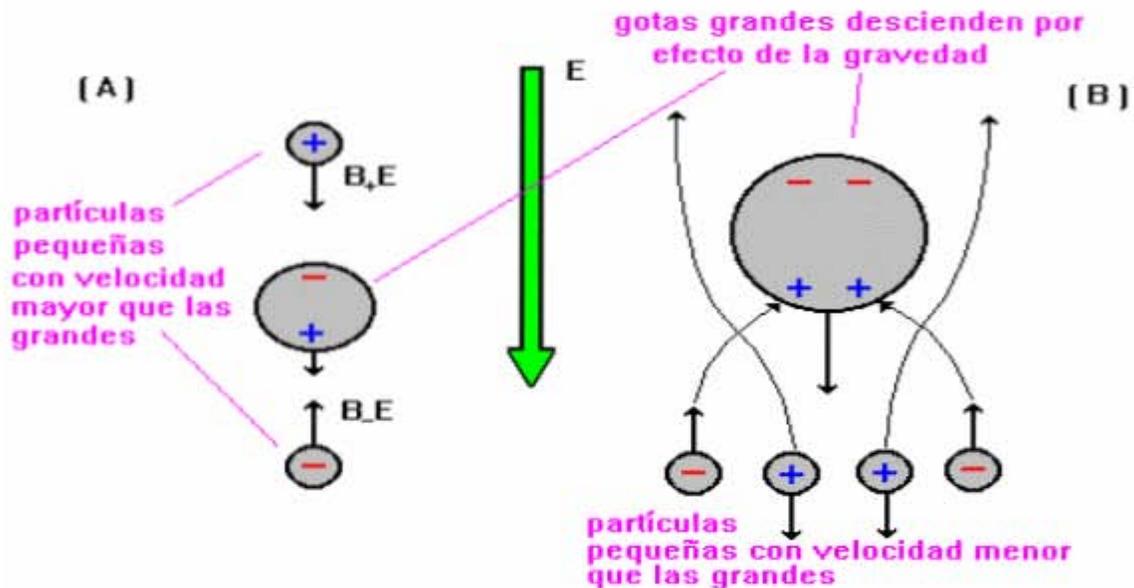


Fig 4.7. Modelo inductivo de Wilson.

4.2.5 TEORÍA DE WILSON Y SIMPSON

Inicialmente se pensó en la estructura dipolar para la distribución de cargas en las nubes convectivas. En 1920 C.R.T. Wilson, tras realizar observaciones de numerosas tormentas a cierta distancia, llegó a la conclusión de que la estructura básica de una nube tormentosa era la de un dipolo positivo, es decir, la carga positiva en los niveles altos. Pero otras mediciones, llevadas a cabo en la misma época por George C. Simpson, realizadas sobre la carga de las partículas de lluvia que llegaban al suelo, indicaban que el dipolo era de tipo negativo. En ambos casos la estructura dipolar era la que trataba de explicar un sistema eléctrico tan complejo como es el de una tormenta. Desde la controversia Wilson-Simpson en los años veinte han transcurrido muchos años de observaciones a través de las cuales se ha podido establecer que la estructura básica de las nubes tormentosas no es dipolar, sino tripolar.

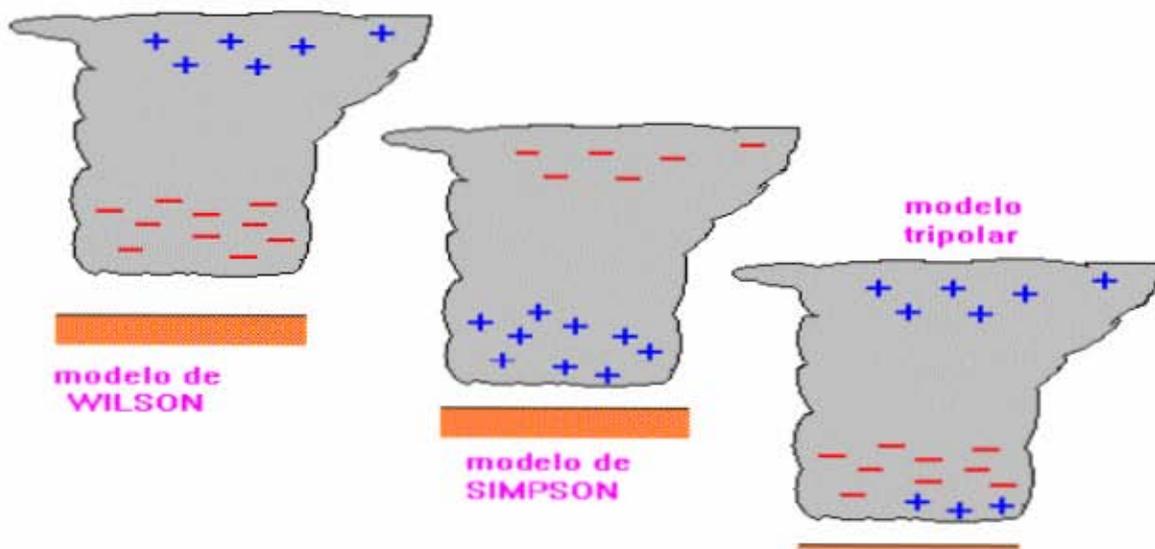


Fig. 4.8. Modelos de distribución de carga en una nube.

Podría parecer que el modelo de convección conducía, de forma más natural, a la estructura tripolar, debido al flujo de cargas positivas hacia la base de la nube que podría explicar el núcleo secundario de cargas positivas. Por contra mediciones recientes del tamaño de esta corriente indican que son demasiado débiles para explicar la velocidad de carga de la nube, por ello se intentó una posible explicación del modelo tripolar a través de la teoría de la precipitación.

Simpson acometió un primer intento a través de estudios realizados en cascadas donde observó que las gotas se cargaban selectivamente de forma positiva al romperse. Propuso que las gotitas de agua que caían de una nube tormentosa se fragmentaban de igual forma cerca de la base de la nube, explicando de esta forma la región inferior positiva. Sin embargo las mediciones realizadas bajo la región principal de carga negativa de las tormentas muestran que las partículas de precipitación transportan cargas que son notablemente mayores que las producidas por en el proceso de fragmentación en una cascada. Por otro lado, se conoce que la mayoría de las partículas cargadas positivamente que caen debajo de la región principal de carga negativa no son gotitas, sino hielo.

Estudios de laboratorio llevados a cabo en los años cuarenta mostraron que las partículas de hielo adquirirían una fuerte carga positiva al fundirse. Este hecho podría explicar la existencia de cargas positivas por debajo de una cierta altitud (unos 4000 km en tormentas de latitudes medias), pero no explicaría la existencia de cargas de este mismo signo a alturas mayores. No parece pues que la fusión del hielo cause la estructura tripolar. Sin embargo continuaron las investigaciones

Por debajo de una temperatura crítica, T_c , las partículas de granizo se cargan negativamente, pero a $T > T_c$ (correspondiente a menores alturas en la nube tormentosa) el granizo se carga positivamente. El valor de T_c o temperatura de inversión de carga se

encuentra entre los -10°C y los -20°C (aproximadamente a alturas entre 6 - 7 km. se alcanza un valor $T_c=-15^{\circ}\text{C}$). Por debajo de ella las colisiones entre el granizo blando y los cristallitos de hielo son capaces de producir el núcleo positivo esperado. El descubrimiento de la T_c crítica o de inversión de carga es considerada como uno de los principales descubrimientos en el campo de la electrificación atmosférica. Este hecho nos puede explicar el modelo tripolar observado en ciertos momentos del ciclo de vida de las tormentas.

4.2.6 FENÓMENO DEL EFECTO CORONA.

Este efecto es causado por un fuerte campo eléctrico alrededor de un cuerpo u objeto, principalmente se atenúa a cuerpos terminados en punta. Las partículas cargadas se mueven dentro de este campo chocando entre si e ionizando las moléculas en el aire. Este proceso mantiene el equilibrio y cuando uno de los iones y electrones se mezclan existe una energía liberada en forma de luz azulada o roja, esto depende a la polaridad de la descarga, si esta es negativa presentara un color azulado, en cambio si es positiva será roja. Ambas van acompañadas de un pequeño zumbido.

Para entender mejor este fenómeno supongamos un cuerpo cargado que tiene una vértice muy puntiagudo; cuando electrones o iones de la atmósfera entran en el intenso campo eléctrico que se crea alrededor de este vértice se aceleran y adquieren grandes velocidades. Estas partículas cargadas chocan con mucha energía con las moléculas neutras de la atmósfera y tienen capacidad para arrancarles electrones y ionizarlas. El resultado es que aumenta rápidamente la concentración de iones y electrones en las proximidades del cuerpo cargado, se dice que se produce una avalancha de cargas. Ahora el aire circulante se hace mucho mas conductor facilitando la descargada rápida del cuerpo cargado

En conclusión se conoce por descarga o efecto corona a la pérdida de carga producida por la ionización del aire que rodea a un conductor cargado. La ruptura dieléctrica del aire que se produce con el efecto corona tiene lugar cuando la intensidad del campo eléctrico alcanza los $3 \times 10^6 \text{ V/m}$.

4. 3 FORMA DE MEDIR LA IONIZACION

Una de la más utilizada es la ionización de llama donde se quema la muestra de aire gaseoso con una pequeña llama de hidrógeno. El número de iones o electrones que se forma es proporcional al número de átomos de carbono que se encuentra en la muestra y se cuenta electrónicamente. Esta técnica puede usarse para medir los compuestos orgánicos volátiles (hidrocarburos). Como este método también detecta los carbonos en el metano, un gas relativamente inofensivo que se encuentra naturalmente en la atmósfera, se deben realizar correcciones para justificar su presencia.

Una forma de medir los electrones se denomina experimento de la gota de aceite al realizado en 1909 por el físico estadounidense Robert Millikan y que le permitió medir la carga del electrón.

La experiencia consiste en introducir en un gas, por medio de un atomizador, gotitas de aceite de un radio del orden de un micrómetro. Estas gotitas caen muy lentamente, con movimiento uniforme, con su peso compensado por la viscosidad del medio. Este tipo de movimiento viene regido por la ley de Stokes. Ahora bien, las gotas se cargan electrostáticamente al salir del atomizador por lo que su movimiento de caída se altera fuertemente si se hace actuar un campo eléctrico vertical. Ajustando convenientemente el campo, puede lograrse que la gota permanezca en suspensión.

Conociendo el valor m de la masa de la gota, la intensidad E del campo eléctrico y el valor g de la gravedad, puede calcularse la carga q de la gota en equilibrio:

$$mg = qE$$

Millikan comprobó que las variaciones de esta carga eran siempre múltiplos de una carga elemental, indudablemente la del electrón. Por consiguiente pudo medir la carga eléctrica que posee un electrón. Este valor es:

$$e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ culombios.}$$

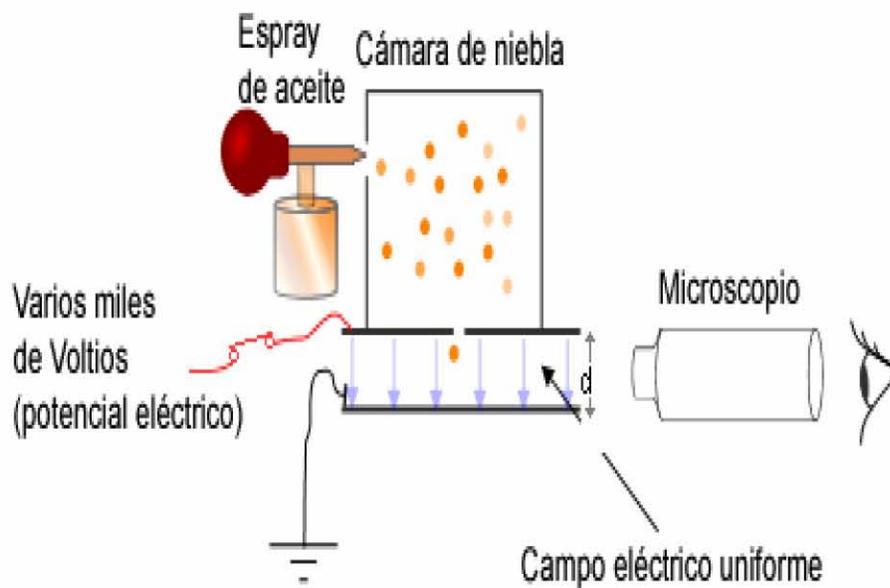


Fig 4.9. Experimento de gota de aceite

Sabido es que cuando a un átomo de gas se le comunica la energía suficiente es posible arrancarle uno o varios de sus electrones, pudiendo provenir esta energía de fuentes naturales o artificiales. Las fuentes naturales de energía capaces de ionizar un gas pueden ser los rayos ultravioletas procedentes de la luz solar, las partículas rápidas que se forman en la desintegración de sustancias radioactivas, de las cuales se encuentran trazas en todas partes, y los rayos cósmicos

4.4 TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCION DEL AIRE.

La forma de transmisión de calor por convección es propia de los fluidos, por ejemplo, en nuestro caso el aire. Por efecto de la variación de su peso debido a un aumento o disminución de temperatura, se establece en ellos una circulación permanente y continua. Ese movimiento del fluido produce, entonces, la transferencia del calor por convección, que se orienta desde los puntos calientes a los fríos.

Si existe una diferencia de temperatura en el interior de un líquido o un gas, es casi seguro que se producirá un movimiento del fluido. Este movimiento transfiere calor de una parte del fluido a otra por un proceso llamado convección. El movimiento del fluido puede ser natural o forzado. Si se calienta un líquido o un gas, su densidad (masa por unidad de volumen) suele disminuir. Si el líquido o gas se encuentra en el campo gravitatorio, el fluido más caliente y menos denso asciende, mientras que el fluido más frío y más denso desciende. Este tipo de movimiento, debido exclusivamente a la no uniformidad de la temperatura del fluido, se denomina convección natural. La convección forzada se logra sometiendo el fluido a un gradiente de presiones, con lo que se fuerza su movimiento de acuerdo a las leyes de la mecánica de fluidos.

Supongamos, por ejemplo, que calentamos desde abajo una cacerola llena de agua. El líquido más próximo al fondo se calienta por el calor que se ha transmitido por conducción a través de la cacerola. Al expandirse, su densidad disminuye y como resultado de ello el agua caliente asciende y parte del fluido más frío baja hacia el fondo, con lo que se inicia un movimiento de circulación. El líquido más frío vuelve a calentarse por conducción, mientras que el líquido más caliente situado arriba pierde parte de su calor por radiación y lo cede al aire situado por encima. De forma similar, en una cámara vertical llena de gas, como la cámara de aire situada entre los dos paneles de una ventana con doble vidrio, el aire situado junto al panel exterior que está más frío desciende, mientras que al aire cercano al panel interior más caliente asciende, lo que produce un movimiento de circulación.

El calentamiento de una habitación mediante un radiador no depende tanto de la radiación como de las corrientes naturales de convección, que hacen que el aire caliente suba hacia el techo y el aire frío del resto de la habitación se dirija hacia el radiador. Debido a que el aire caliente tiende a subir y el aire frío a bajar, los radiadores deben colocarse cerca del suelo (y los aparatos de aire acondicionado cerca del techo) para que la eficiencia sea máxima.

De la misma forma, la convección natural es responsable de la ascensión del agua caliente y el vapor en las calderas de convección natural, y del tiro de las chimeneas. La convección también determina el movimiento de las grandes masas de aire sobre la superficie terrestre, la acción de los vientos, la formación de nubes, las corrientes oceánicas y la transferencia de calor desde el interior del Sol hasta su superficie.

QUINTO

CAPÍTULO

**EQUIPOS IONIZADORES
DEL AIRE.**

V. EQUIPOS IONIZADORES DE AIRE.

Anteriormente se pensaba que con tener algún tipo de aire acondicionado era suficiente para eliminar los contaminantes que había dentro de los lugares de trabajo, ahora se sabe que estos sistemas centrales de aire solo recircular estos contaminantes. Es por esto que en los últimos años, el control del funcionamiento de los ionizadores se ha convertido en un requerimiento esencial, con el objetivo de mejorar la calidad del aire, reduciendo los contaminantes, bacterias, polen, químicos, humo, fibras, microorganismos, polvo, esporas etc.

Para lograr una mejor calidad de aire se recomienda, contar con cualquier tipo de aire acondicionado con el objetivo de filtrar los polvos y el smog, para que posteriormente pase por una cámara de ionización.

5.1 CONCEPTO Y FUNCIONAMIENTO DE AIRE ACONDICIONADO.

El aire acondicionado es el proceso que enfría, ventila, limpia, y circula el aire, controlando, además, su contenido de humedad. En condiciones ideales logra todo esto de manera simultánea.

Su funcionamiento consta de tomar aire del interior de una recámara pasando por tubos que están a baja temperatura, estos están enfriados por medio de un líquido que a su vez se enfría por medio del condensador, parte del aire se devuelve a una temperatura menor y parte sale expulsada por el panel trasero del aparato, el termómetro está en el panel frontal para que cuando pase el aire calcule la temperatura a la que está el ambiente dentro de la recámara, y así regulando que tan frío y que tanto debe trabajar el compresor y el condensador.

5.2 TIPOS DE AIRE ACONDICIONADO.

Las instalaciones de aire acondicionado se pueden clasificar por:

1.- Por su misión:

- a) Confort: con el objetivo de lograr el bienestar de las personas.
- b) Procesos industriales: destinadas a conseguir determinadas condiciones ambientales que mejoran la elaboración de productos influyendo sobre sus características y calidad.

2.- Por las estaciones del año en que actúan:

- a) Instalaciones de aire acondicionado de verano: como su nombre lo dice actúan solamente en épocas de verano.
- b) Instalaciones de aire acondicionado de invierno: actúan solo durante la época de invierno.

3.- Por su instalación:

- a) sistemas de equipos compactos auto contenidos o sistemas semicentralizados.
- b) Sistemas de tipo central.

Estas se analizarán con más detalle.

a) Sistemas unitarios y semicentralizados:

Estos sistemas se basan en la utilización de equipos auto contenidos o compactos, están compuestos en una unidad en la que está montado todo el conjunto sobre un bastidor, es decir el equipo motocompresor, condensador, serpentina enfriadora de tipo aleta, ventilador y sistemas de calefacción.

Se utilizan en instalaciones modernas, debido a que su sala de máquinas es pequeña, por su rapidez y facilidad de montaje, facilidad de traslado y desmontaje, cuentan con una mayor flexibilidad en el diseño de las instalaciones, su rotura y reparación del equipo sólo afecta su zona de servicio, tienen posibilidad de trabajo a carga parcial y por su técnica moderna de construcción se reduce notablemente la tarea de obra en la ejecución de las instalaciones.

Sus desventajas son: producen mayor ruido y requieren de mayor atención, ya que cada equipo cuenta con un sistema frigorífico independiente, siendo algo más costoso en su mantenimiento y reparación.

a.1) Equipos individuales de ventana ó muro.

Son equipos destinados a ser montados en ventanas, paredes o consola, diseñados para acondicionar un local de 2 a 2.5 toneladas de refrigeración como máximo y pueden satisfacer condiciones de confort dentro de un rango limitado, teniendo en cuenta que el aire impulsado tiene pequeño alcance y su eficacia decrece cuando la profundidad del local es mayor de 5 metros.

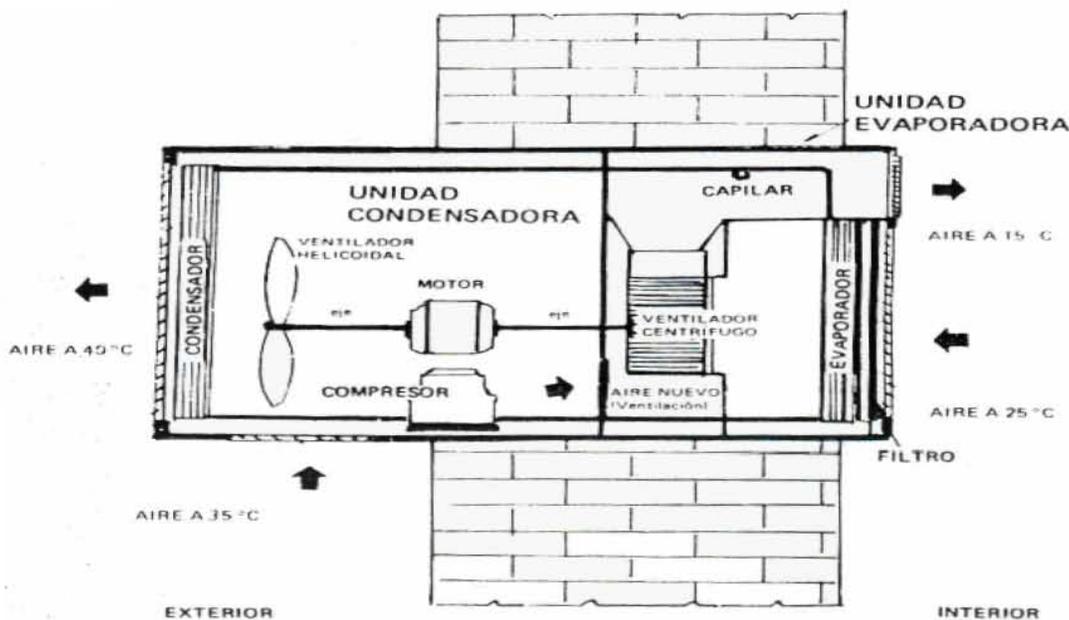


Fig 5 Equipo de ventana o muro

Su ventaja reside en la facilidad de su instalación y en el bajo costo con respecto a los sistemas más grandes.

No es apto para utilizar con conductos, no siendo recomendable su aplicación a grandes lugares; es aconsejable solo para locales de hasta 5.000 frigoria/hora de carga de refrigeración, su mayor desventaja es el nivel de ruido que produce, es por eso que actualmente se utilizan compresores rotativos en lugar de alternativos, con el fin de reducir el ruido.

Este equipo se compone de una unidad evaporadora, que se coloca del lado interior del local y consta de un evaporador, que adsorbe el calor del aire interior mediante un ventilador centrífugo tipo multipalpas y del lado exterior cuenta con una unidad condensadora, que consiste de un compresor y un serpentín de condensación, por la cual se hace circular el aire exterior, que constituye el medio de enfriamiento del refrigerante, procediendo así a su condensación.

a.2) Acondicionamiento de exterior o de cubierta ROOF-TOP, enfriadores por aire.

Son equipos que se instalan en el exterior, con conductos de distribución; se les denomina roof-top, por que generalmente se los instala en techos; aunque se pueden instalar en marquesinas, pisos, etc.

También conocidos como multiambientales, por que son equipos similares a los de ventana, pero de mayor dimensión, permiten la distribución de aire con conductos a distancias locales; producen poco ruido, bajo costo relativo y fácil instalación estos no requieren espacio para la sala de máquinas y están diseñados especialmente para ser instalados a intemperie. Han sido diseñadas para aplicaciones comerciales y de viviendas, funcionando sin torres de enfriamiento, por que cuentan con una condensación por aire incorporada en el equipo.

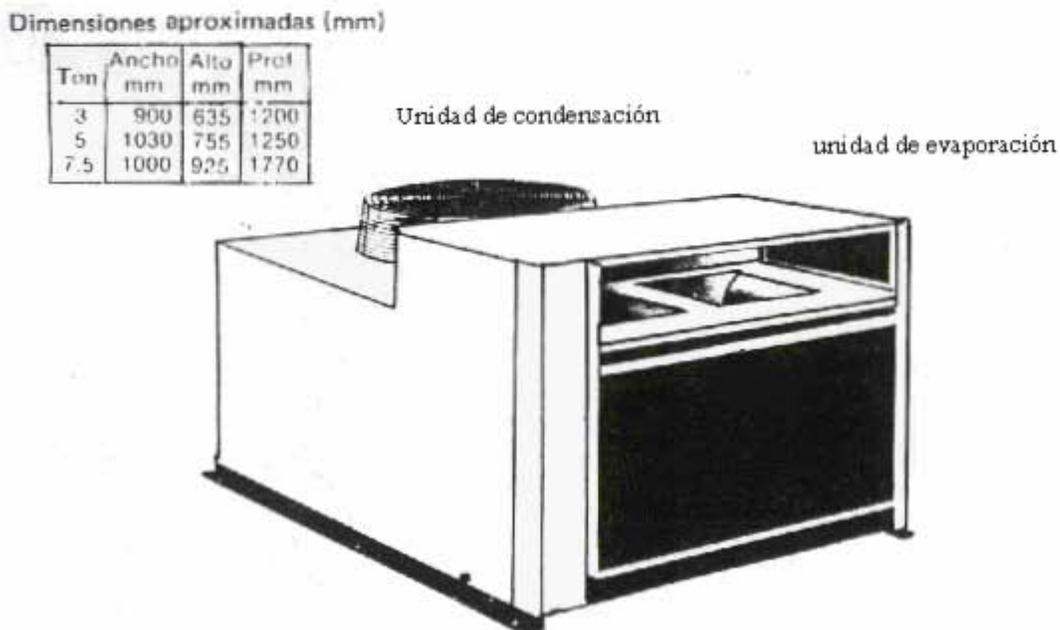


Fig 5.2. Equipo Roof-top. Enfriados por aire

a.3) Equipos autocontenidos con condensación por aire.

Estos en un solo mueble cuentan con todos los elementos necesarios para funcionar, siendo aptos para colocarse en el interior. Cuenta con muchos modelos pero solo analizaremos uno.

El modelo vertical, cuenta con una entrada y salida de aire exterior para la condensación del refrigerante. Cuenta con un ventilador centrífugo, que permite colocar el equipo en un local o en un sótano y conducir, mediante conductos, el aire de condensación al exterior; es decir entra el aire al condensador, retornando el aire del local después el condensador da salida del aire al exterior, de esta manera se vuelve a retornar el aire.

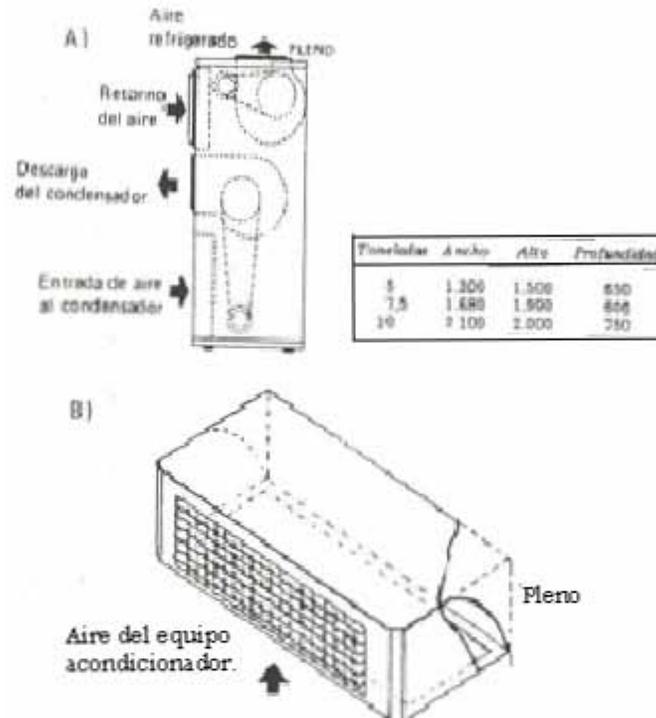


Fig 5.3. Equipo Autocontenido con condensador por aire.

a.4) Equipos autocontenidos enfriados por agua.

Estos equipo son similares a los equipos autocontenidos con condensación por aire, aunque estos su condensación se produce mediante la utilización de agua de una torre de enfriamiento.

Estos equipos se instalan normalmente con conductos, pero pueden utilizarse pleno de distribución, debiéndose efectuar el montaje del sistema de enfriamiento mediante torre. Son equipos de buen rendimiento, pero tienen el inconveniente del mantenimiento mayor que requiere este sistema de enfriamiento.

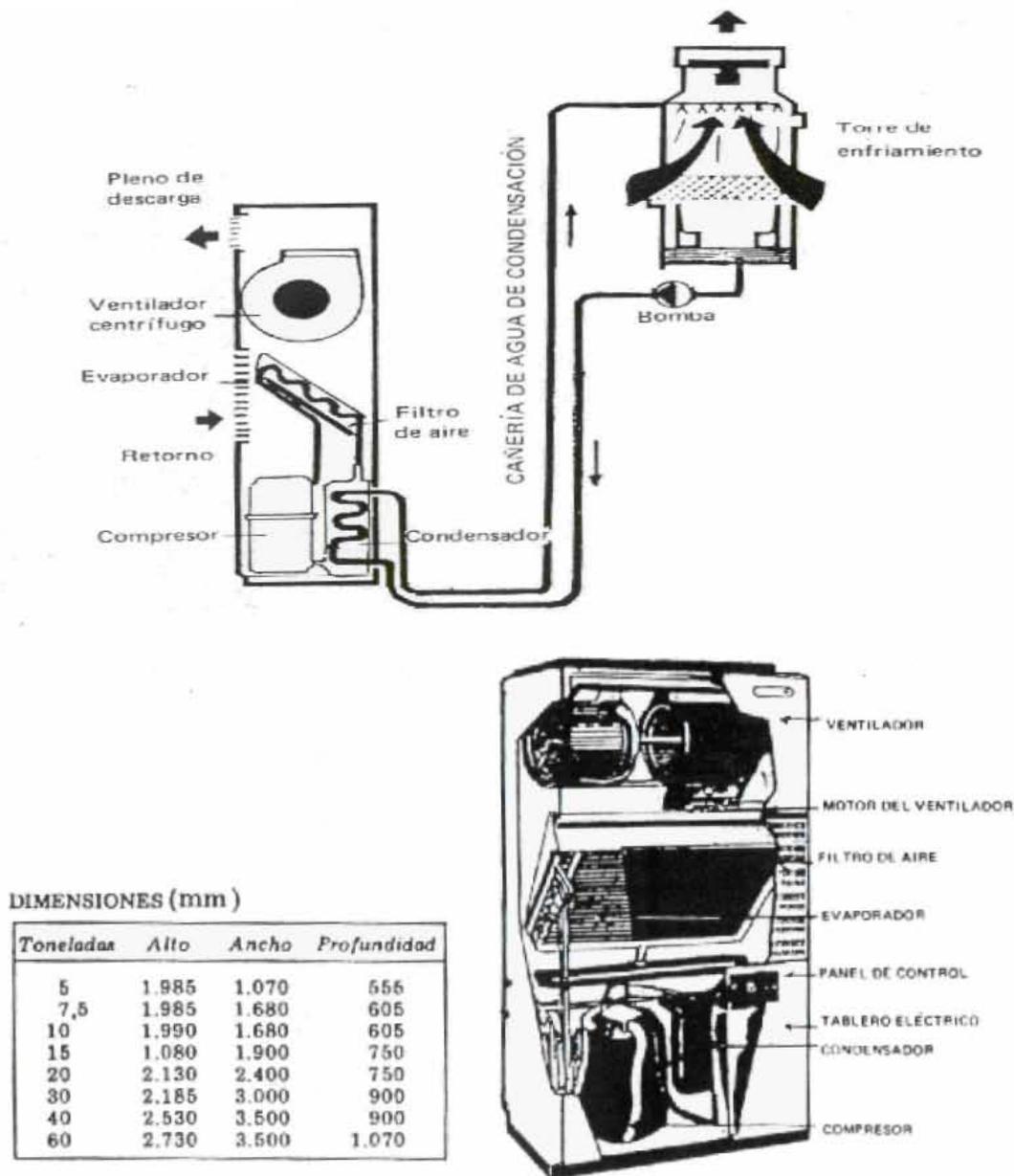


Fig 5.4. Equipo autocontenidos enfriados por agua.

a.5) Sistemas separados SPLIT-SYSTEMS.

En estos sistemas se efectúa la separación de parte del circuito del equipo; se prolonga los circuitos de caño de cobre del refrigerante y se establecen dos unidades. Una se instala en el interior y otra en el exterior, siendo enfriadas por aire.

En el diseño de este sistema debe tenerse en cuenta el correcto dimensionamiento de las tuberías y tomar alguna precaución en cuanto a su disposición para evitar pérdidas de rendimiento por fallas en la circulación del refrigerante.

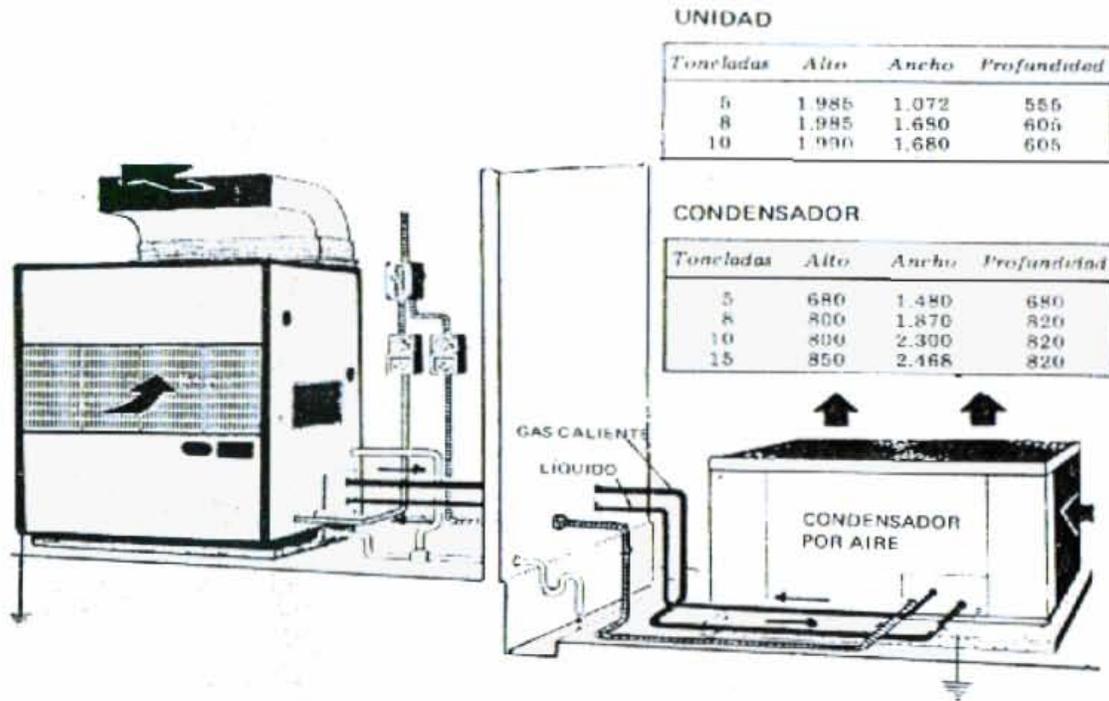


Fig 5.5 Equipos SPLIT-SYSTEMS.

a.5.1) Uno de estos equipos son las condensadoras.

Unidad separada que esta compuesto por el condensador y ventilador, para el enfriamiento por aire, y el compresor reunidos en un gabinete que se coloca en el exterior con conductos de distribución o sin ellos. La unidad condensadora se ubica en el exterior y se combina con la unidad evaporadora que se instala en el interior del local.

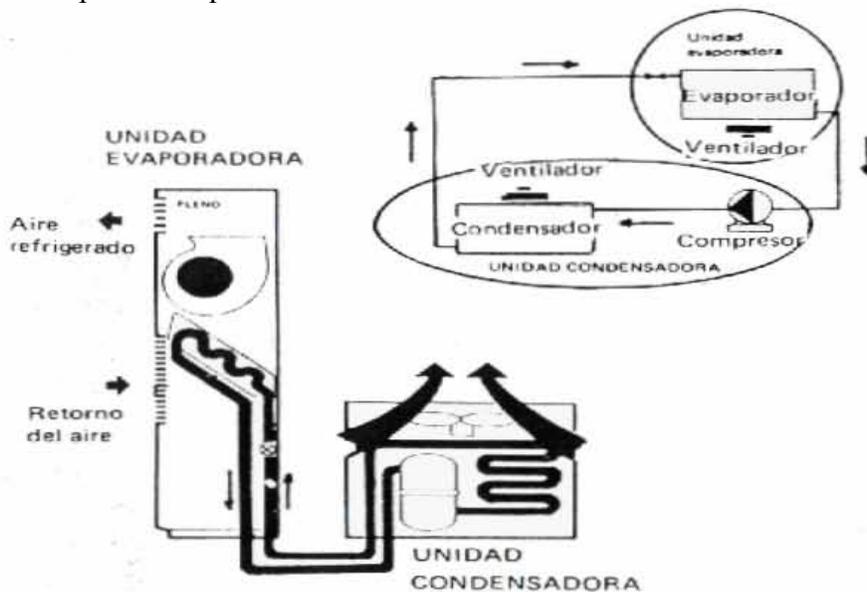


Fig 5.6. Equipos condensadores.

En general, los condensadores no deben colocarse a más de 18m cuando se coloca por encima del equipo, o 8 m cuando el condensador se coloca por debajo.

Este sistema permite gran flexibilidad, dado que si no hay simultaneidad de consumo puede, incluso, reducirse la capacidad de la unidad condensora exterior, a la suma de las capacidades de los equipos interiores en funcionamiento simultaneo

b) Sistemas de equipos centrales.

Constan de una instalación en la cual esta reunido en un lugar del edificio, el conjunto de elementos y equipos que constituyen la planta térmica. Estos componentes son la planta de calefacción y la planta de refrigeración.

b.1) El sistema todo aire

Se utiliza para la distribución de aire tratado en un planta central; es decir que el aire se prepara en unidades de tratamiento de ese fluido o climatizadores en la sala de máquinas. Su ventaja es que el control y la regulación se concentran en un solo punto, simplificando las tareas del personal. El límite de utilización está en función de las dimensiones de la sala de máquinas.

Estas unidades constan de un gabinete de chapa con puertas de acceso, en el cual se realiza el tratamiento de aire: filtrado, calefacción, humectación, enfriamiento y circulación.

Se denominan todo aire porque el agente termodinámico es aire, frío o caliente, según sea la estación.

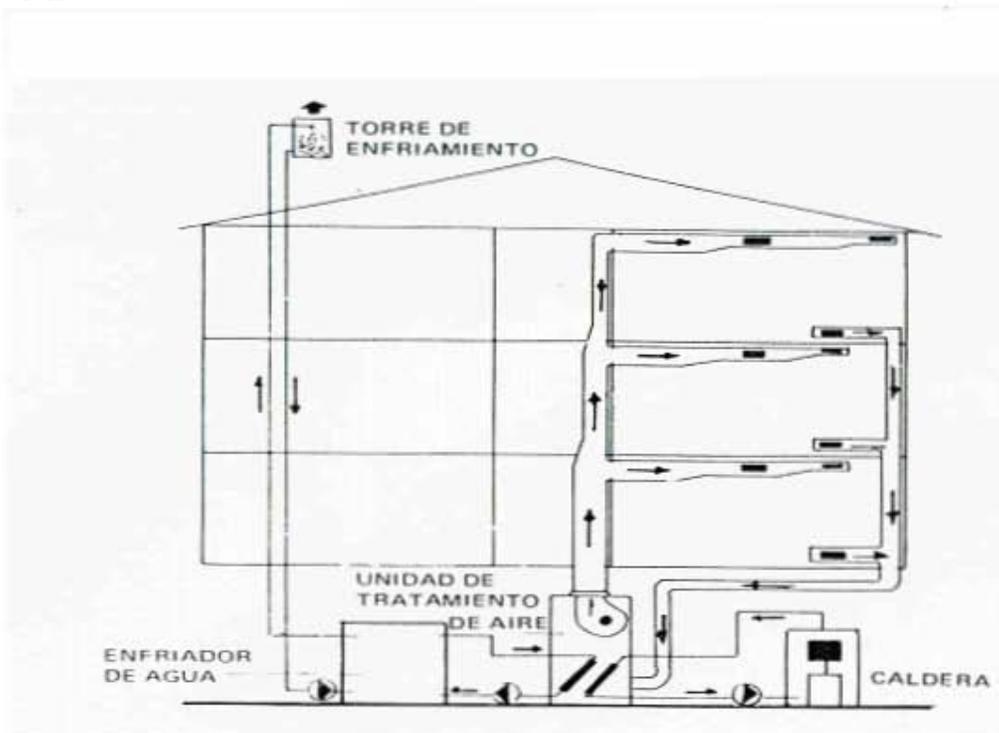


Fig 5.7. Sistema todo aire.

b.2) sistema “ Todo agua “ FAN-COIL individuales.

Constan de equipos enfriadores de agua o calderas centralizadas en el edificio, desde donde se la distribuye fría o caliente, según la estación del año. La unidad se compone de una sección ventiladora (fan) y una serpentina con aletas (coil).

El ventilador origina la circulación del aire del local, haciéndolo atravesar la serpentina que es alimentada con agua fría o caliente. La distribución del aire en el local se efectúa directamente sin utilización de conductos; este aire es mezclado con cierta parte de aire exterior en el pleno inferior del equipo, para satisfacer las necesidades de ventilación del lugar. Este aire mezclado, previo paso por la serpentina que es filtrado, para mantener en el local un mínimo tenor de polvo y a la vez, para evitar suciedades en el ventilador y en la serpentina. Estos aparatos se ubican generalmente sobre una pared exterior, bajo una ventana.

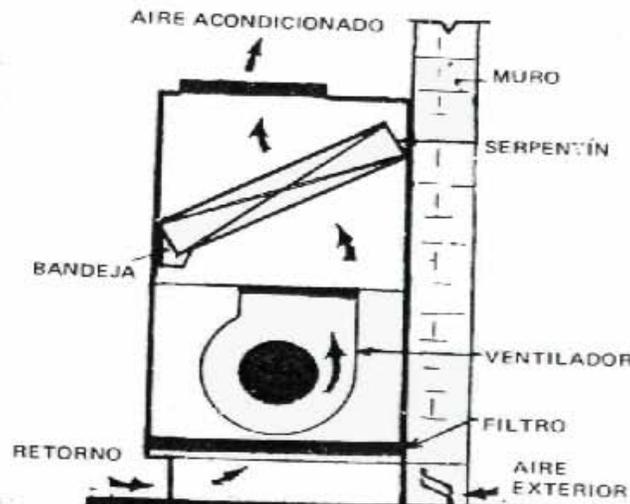


Fig 5.8. Equipo FAN – COIL.

Cuenta con la ventaja de regular manual o automáticamente la temperatura(independiente para cada ambiente), su circulación de aire es independiente y cuenta con la opción para recircular una parte o tomar todo el aire exterior para ventilar en la época intermedia; además la instalación de conductos se reduce al mínimo.

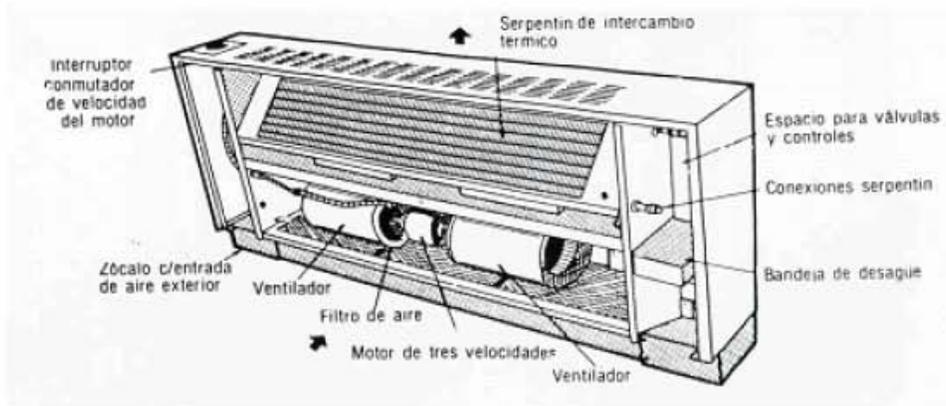


Fig. 5.9. Equipo FAN –COIL tipo ventana.

b.3) Sistema agua aire.

Son sistemas mixtos que utilizan cañerías para distribución del agua fría o caliente a las unidades de tratamiento de aire o aparatos que preparan el aire, utilizando conductos para su distribución a los distintos locales.

Las unidades de tratamiento de aire utilizan conductos pero no están centralizadas, sino que son del tipo compactas por zonas o locales.

b.3.1) Equipos de inducción.

En esta caso se reemplaza el motor eléctrico de accionamiento de los ventiladores (caso de los fan-coil), por un determinado volumen de aire que es impulsado a alta velocidad a una cámara a través de toberas múltiples a alta presión y velocidad, lo que provoca una inducción, es decir una zona de depresión debajo de la misma que induce el aire del ambiente hacia esa cámara, donde, previo paso por un serpentín, se mezcla con el aire impulsor o aire primario y entra nuevamente en el ambiente. Este aire recirculado se llama aire secundario.

El aire primario es la totalidad del aire exterior necesario para la renovación y para el efecto de inducción, su caudal es de 20 a 25% del total circulado por cada unidad.

Cuenta con la ventaja de no requerir mayor mantenimiento, por que no cuenta con gran cantidad de ventiladores, también cuentan con un control exacto del aire exterior y se puede lograr la humectación en la plante central, tratando el aire primario.

Sus desventajas es que produce demasiado ruidos producto de la velocidad de aire; además exigen mayor espacio para el paso de los conductores de distribución del aire primario y su instalación es mas compleja.

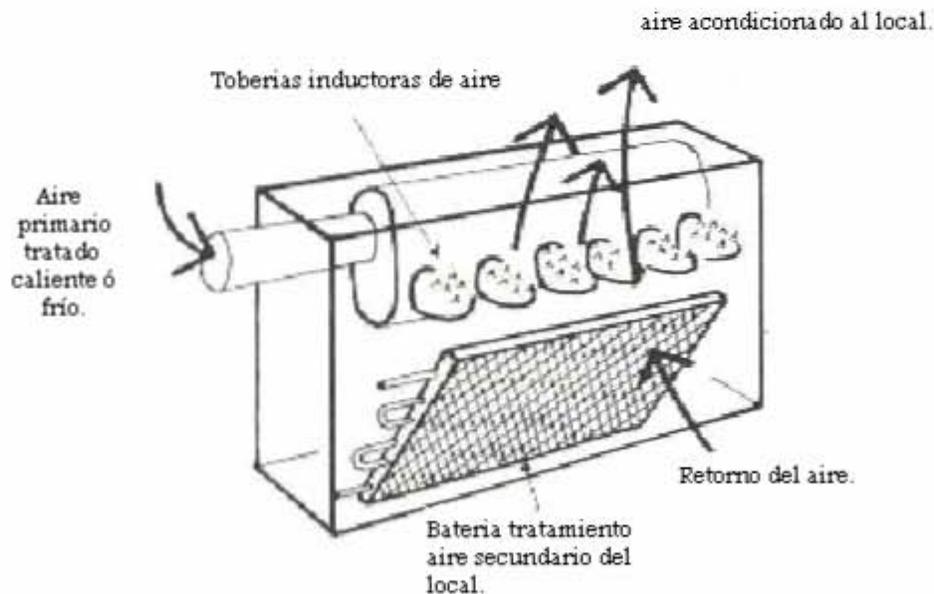


Fig 5.10 Equipo de inducción.

b.3.2) Instalaciones mixtas y especiales.

Se pueden utilizar como una misma unidad enfriadora, equipos fan-coil, unidades de tratamiento de aire, equipos de inducción, según se requieran.

Un ejemplo es una instalación de fan coil individual con provisión de aire nuevo a través de una unidad de tratamiento de aire central.

Se efectúa la entrada de aire nuevo a los locales acondicionados mediante una unidad de tratamiento de aire central; este sistema es muy recomendable porque elimina la entrada de aire individual en cada fan-coil, evitando los problemas de aberturas en las fachadas de los edificios, así como la entrada descontrolada de aire exterior por efecto de los vientos fuertes, aún cuando el ventilador se encuentre detenido.

De esta forma, se conecta la toma de aire de la unidad de tratamiento a los locales mediante un ramal de conductos que pueden ser de baja velocidad, pero de dimensiones pequeñas, porque solo conduce el caudal de aire exterior (puede ser de 25% del aire recirculado).

Este sistema tiene una gran ventaja, porque el aire es correctamente filtrado en la unidad de tratamiento, recibe una adecuación térmica, ya sea de calor o frío y además, permite la regulación de la humedad relativa de los locales, especialmente mediante la aplicación de un humidificador para la época invernal.

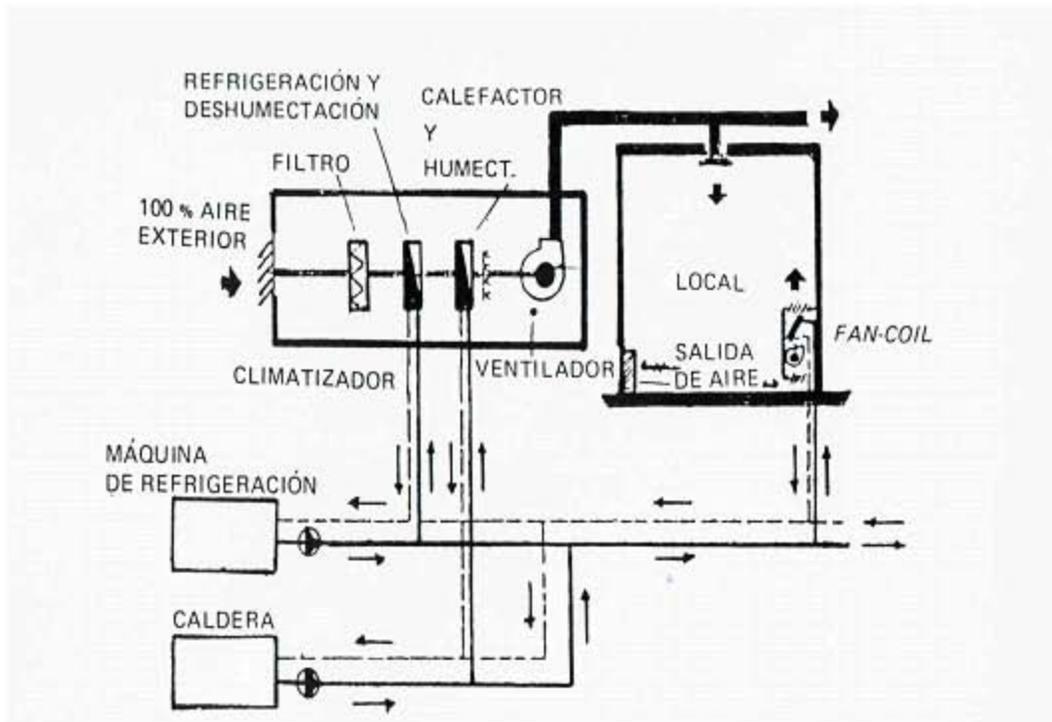


Fig 5.11. Instalaciones mixtas.

5.3 Concepto y funcionamiento de un ionizador.

El ionizador es un equipo generador de iones, que brindan un excelente microclima

Estos aparatos, emiten hacia el aire del lugar un chorro continuo de electrones (varios billones por segundo), el oxígeno en su movimiento natural se encarga de capturar uno o dos electrones que se encuentran incorporados en la última órbita del átomo o molécula, que convierten el oxígeno positivo en excelente oxígeno negativo.

Para lograr que la electricidad no se escape en las puntas; estos equipos cuentan con agujas que lanzan los electrones, pese a que no tienen casi masa (las dos milésima parte del núcleo del átomo) es posible sentir un viento eléctrico en las puntas de las agujas emisoras.

Para lograrlo el equipo conectado a 220 volts, va elevando la tensión y rectificándola hasta un valor cercano a los 6000 volts. Esta tensión resultante en las agujas hace que la electricidad, que se escapa por las puntas, salte a la atmósfera, como un pequeño rayo continuo (efecto corona). Se puede observar en el equipo en una habitación oscura.

5.3.1 Tipos de Ionizadores.

Los ionizadores se clasifican en:

- a) Ionizadores de uso doméstico.
- b) Ionizadores de uso industrial.

a.1) Ionizadores de uso doméstico.

Ionizador electrónico.

La avanzada tecnología empleada en este Ionizador provoca un flujo de aire que circula por él y neutraliza los malos olores y mata las bacterias. Dentro del Ionizador se encuentra una pieza compuesta por 2 varillas metálicas que producen electricidad estática que absorben contaminantes microscópicos y agentes que provocan alergias, produciendo iones negativos. Purifica el aire, combate las alergias y neutraliza los malos olores.

Características generales:

- * Uso interior.
- * Cobertura: 10 m²
- * Alimentación: 220V/50Hz
- * Salida de iones: $\geq 1 \times 10^3 / \text{cm}^3$
- * No necesita instalación
- * Tamaño: 175 x 78 x 68 mm
- * Peso: 200 g
- * Consumo: 2W

- * Incorpora luz de noche
- * Sin motor ni ventilador. Es silencioso y no produce olores.
- * Sin productos químicos



Fig. 5.12. Ionizador doméstico.

b) Ionizadores Industriales.

Los ionizadores de tipo industrial son dispositivos que se conocen como ionizadores, neutralizadores o eliminadores de electricidad estática. Para su utilización se deben considerar los problemas técnicos que se pueden presentar, como las condiciones ambientales (polvo, temperatura, etc.) y de localización del dispositivo en relación al material que se trabaja, piezas de las máquinas y personal.

b.1) Ionizadores del aire con radiaciones ionizantes.

Se llama radiación ionizante a cualquier radiación electromagnética o partícula capaz de producir iones, de manera directa o indirecta, a su paso a través de la materia. Se pueden utilizar rayos ultravioleta, rayos X, rayos α , rayos β y rayos γ . Los más útiles son los rayos α y β para la eliminación de cargas electrostáticas superficiales o espaciales.

Los rayos alfa son radiaciones de partículas formadas por núcleos de helio que se desplazan a gran velocidad. Como son partículas cargadas ionizan directamente. Las partículas alfa son emitidas espontáneamente por algunos núcleos radiactivos o pueden resultar de la captura de un neutrón. La energía de las partículas alfa emitidas por sustancias radiactivas es del orden de unos megaelectrón-volt (MeV, millones de electrón-voltios), pero se puede producir partículas alfa de energía mucho mayor en ciclotrones u otros aceleradores de partículas, a partir de haces de iones de helio. Con estos aparatos se pueden conseguir también otras partículas ionizantes de energía muy alta, tales como protones, deuterones, etc.

Los rayos beta son radiaciones de partículas formadas por electrones o positrones emitidos desde un núcleo en desintegración beta y que viajan a gran velocidad. Puesto que son partículas con carga positiva o negativa, ionizan directamente. Los rayos beta son partículas cargadas emitidas por ciertos núcleos radiactivos. Estas partículas, que son idénticas, excepto en el signo de la carga, se clasifican en positrones (+) y negatronos (-),

que son idénticos a los electrones del átomo. El intervalo de energía cinética con que aparecen estas partículas oscila entre cero y 3-5 MeV.

El tipo más común de detector de radiaciones ionizantes es el detector de cámara gaseosa.

Este detector está basado precisamente en la capacidad de la radiación de formar iones al atravesar el aire u otro gas específico. Cuando se dispone un alto voltaje entre dos zonas de una cámara llena de gas, los iones positivos serán atraídos hacia el polo negativo del detector (el cátodo), y los electrones libres lo serán hacia el polo positivo (el ánodo). Si ambos electrodos se conectan a un instrumento de medida de la diferencia de potencial creada, aparecerá una señal tanto mayor cuanto mayor sea la dosis de radiación detectada por el instrumento. Este principio da lugar a la cámara de ionización, que puede detectar grandes cantidades de radiación.

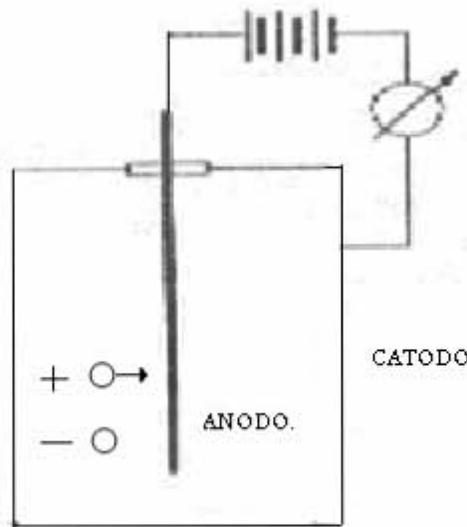


Fig.5.13 Detector de cámara gaseosa.

Otro tipo muy común de aparato detector de la radiación es el detector de yoduro sódico o contador de centelleo.

El principio básico del aparato es la utilización de un material que produce una pequeña cantidad de luz cuando la radiación incide sobre él. El más utilizado es el cristal de yoduro sódico. La luz producida por la radiación -centelleo- es reflejada a través de una ventana, y es amplificada inmediatamente por un instrumento llamado tubo foto multiplicador. La primera parte de este está fabricada de otro material, llamado fotocátodo, que tiene la característica única de emitir electrones cuando un cuanto de luz incide sobre su superficie.

Estos electrones son transportados a través de una serie de placas, llamadas dinodos, mediante la aplicación de un elevado voltaje positivo. Cuando un electrón incide sobre un dinodo, se producen varios electrones, que se proyectan hacia el siguiente dinodo, donde vuelve a multiplicarse su número. Cuando los electrones abandonan el último dinodo de la

serie, el pulso electrónico es miles de veces mayor que el original. Los electrones son entonces recogidos por el ánodo, que está conectado a un instrumento de medición calibrado.

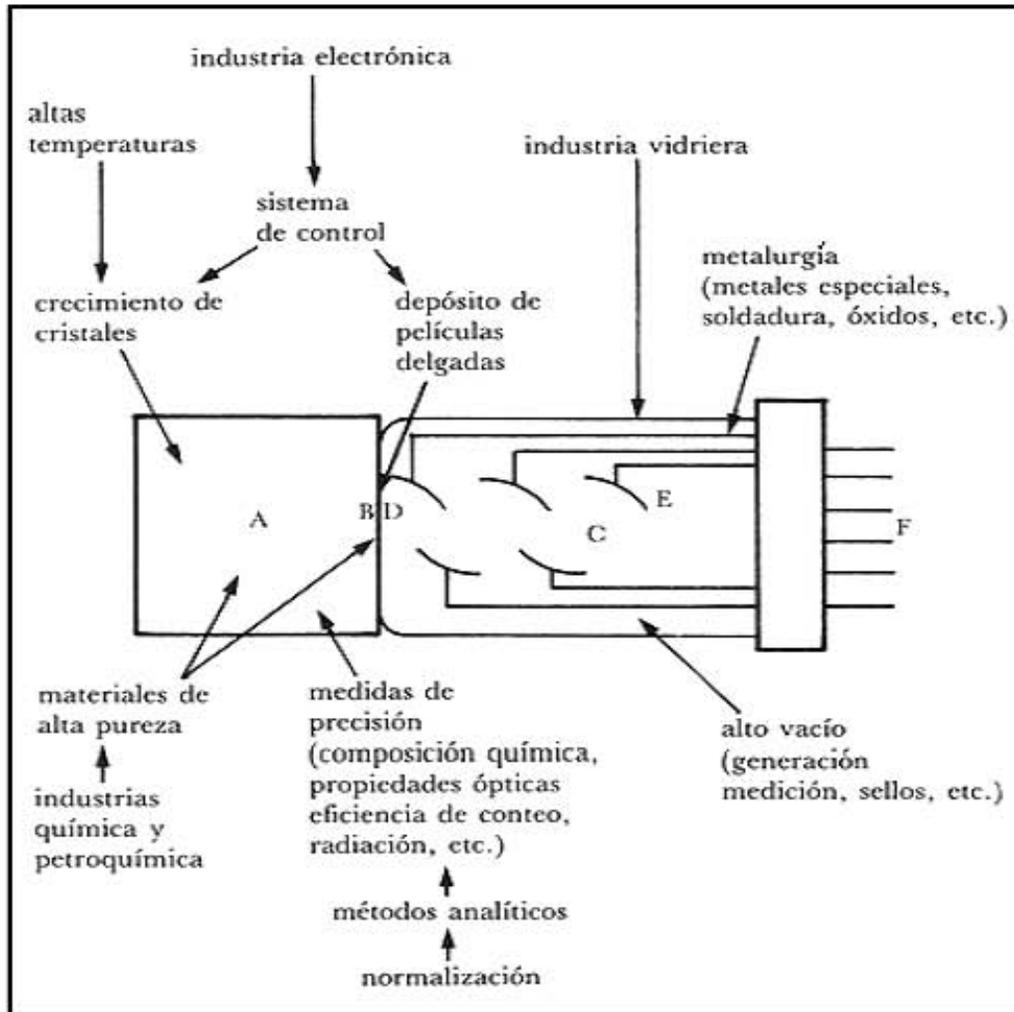


Fig 5.14. Detector de yoduro sódico ó contador de centelleo.

Un contador de centelleo. (A) es el cristal de yoduro de sodio con talio; (B) el acoplamiento óptico; (C), el tubo fotomultiplicador; (D), la superficie fotoeléctrica; (E), los dinodos, y (F) , el conector al circuito electrónico externo.

Este tipo de detectores son muy sensibles, y son utilizados fundamentalmente en el entorno de los laboratorios de experimentación.

b.2) Neutralizadores de electrodos a alta tensión.

Originan ionización del aire en su proximidad, con descargas tipo corona en puntas, alambres, hojas o bordes sometidos a campos eléctricos intensos. Tales campos se pueden

crear con un transformador que eleve la tensión aproximadamente a 6 kV, la cual es llevada mediante cable a un electrodo de descarga en corona, que consiste en una varilla aislada con dos electrodos uno de alta tensión y el otro al potencial de tierra. El electrodo de alta tensión está formado por una fila de elementos puntiagudos o alambres delgados.

Estos elementos se colocan a unos pocos centímetros de distancia y paralelos al objeto que se quiere neutralizar. Es un medio efectivo de eliminar las cargas electrostáticas de materiales, como láminas de tejido de algodón, lana, seda o papel en proceso, fabricación o impresión.

Existen neutralizadores de corriente continua y de alterna. La potencia suministrada a las puntas debe estar ajustada a la carga máxima del objeto a neutralizar. Pueden llevar incorporado un ventilador soplador de aire dirigido al elemento. No se deben instalar en ambientes con atmósferas explosivas, salvo en el caso en que estén homologados para ese fin o se aplique una ventilación externa que elimine las concentraciones peligrosas de inflamables.

Estos dispositivos requieren protección para evitar el contacto de personas, mediante la limitación de la corriente de cortocircuito de la alimentación de alta tensión a algunas decenas o centenas de microamperios.



Fig.5.15. Neutralizadores de electrodos a alta tensión.

b.3) Neutralizador electrostático de llama de gas

Es un dispositivo que se utiliza en rodillos de impresión de industrias de artes gráficas. Sólo se puede emplear si se utilizan tintas de baja volatilidad. El quemador debe estar enclavado con la prensa, de forma que se corte el paso de gas y se apague la llama cuando se pare la prensa. La evaluación del riesgo en el caso de la distribución espacial de cargas electrostáticas en nubes de polvo o niebla y las precauciones a adoptar en estos casos presentan dificultades especiales.

La energía mínima de ignición de polvos combustibles en aire es del orden de diez veces superior al de mezcla de gases inflamables y aire. El polvo con partículas de pequeño

tamaño es el más peligroso. Las descargas de chispas electrostáticas, capaces de iniciar la ignición, pueden ocurrir cerca de elementos conductores aislados. En consecuencia todos los equipos y elementos conductores (hasta los que pueden entrar en contacto con el polvo cargado, como por ejemplo en la toma de muestras) se deben conectar a tierra.

No es necesario eliminar las cargas electrostáticas de los elementos no conductores, ya que sus descargas no tienen suficiente energía para la ignición de mezclas de polvo y aire, excepto en los polvos combustibles de mayor grado de explosividad y el fósforo rojo. Con altas concentraciones (mayores de 100 g/m^3) de polvo en aire, en las nubes de polvo o en los elementos envolventes de flujos o chorros de polvo, se pueden alcanzar intensidades de campo eléctrico que provocan la descarga disruptiva, especialmente en donde estas intensidades se hacen mayores, como en las partes sobresalientes de las paredes de los contenedores. Si la intensidad de campo permanece inferior a 5 kV/cm , sólo se pueden dar descargas en cepillo o abanico, incapaces de la ignición de la mezclas de polvo con aire.

b.4) Neutralizador inductivo

El fundamento de este neutralizador, también llamado eliminador inductivo o neutralizador estático, está en que una carga electrostática tiene libertad de movimiento en un cuerpo conductor y en un cuerpo esférico en el espacio se distribuye uniformemente sobre su superficie. Si el cuerpo no es esférico, la auto-repulsión de las cargas hará que se concentren sobre las superficies de menor radio de curvatura. Si el cuerpo está rodeado de aire u otro gas y el radio de curvatura se reduce a casi cero, como es el caso de forma en punta de aguja afilada, la elevada concentración de carga en la punta puede producir la ionización del aire, haciéndolo conductor. La carga sobre el neutralizador es originada por inducción desde el cuerpo que sufre la generación de cargas.

Va conectado a tierra, para que las cargas procedentes del cuerpo cargado fluyan a través de él hacia tierra.

Este dispositivo se construye en forma de barra metálica, equipada de una serie de puntas en forma de aguja o como un alambre metálico rodeado de una guirnalda metálica que hace la función de las agujas puntiagudas. No necesita ninguna fuente externa de energía, pero no funcionan más que a partir de un cierto campo eléctrico. Los neutralizadores estáticos normalmente se sitúan a unos 10 a 20 mm de la superficie a descargar, ya que por razones de servicio no será posible una distancia menor.

Este sistema se considera una solución para atmósferas explosivas, en que la neutralización de cargas por esos electrodos puntiagudos, sucede antes de que se alcancen condiciones de energía mínima de ignición de la atmósfera explosiva. Es conveniente sin embargo, tener precaución con sustancias de muy baja energía mínima de ignición, tales como el óxido de etileno, acetileno, hidrógeno y en caso de ciertos explosivos iniciadores (detonadores). Si se aplica ventilación localizada se incrementa el factor de seguridad.

SEXTO

CAPÍTULO

**MÉTODOS DE
DEPURACIÓN DEL AIRE.**

VI. MÉTODOS DE DEPURACIÓN.

6.1 Técnicas de depuración del aire.

Es conveniente elegir y diseñar con precisión los métodos de depuración del aire para cada tipo concreto de contaminante, una vez instalado el mantenimiento periódico, evitara que el propio sistema se convierta en una nueva fuente de contaminante. Por lo regular se utilizan seis métodos:

6.1.1 FILTRACIÓN DE PARTICULAS.

La filtración es un método útil para eliminar líquidos o sólidos en suspensión, pero no elimina gases ni vapores. Los filtros pueden capturar partículas por obstrucción, impacto, intercepción, difusión y atracción electrostática.

La filtración es un sistema de aire acondicionado, que es necesaria para evitar la acumulación de suciedad que pueda reducir la eficacia del intercambio de calor; otra razón es que el sistema puede sufrir corrosión a causa de ciertas partículas como ácido sulfúrico y cloruros y también se necesita la filtración para evitar desequilibrios en el sistema de ventilación debidos a la formación de depósitos en las palas de los ventiladores y al envío de información falsa a los controles por obstrucción de los sensores.

Los sistemas de filtración de aire interior se sirven de al menos dos filtros colocados en serie. El primero, un prefiltro o filtro primario, retiene sólo las partículas más grandes. Debe cambiarse a menudo para que el filtro siguiente dure más tiempo. El filtro secundario es más eficaz que el primero y puede filtrar esporas fúngicas, fibras sintéticas y en general, polvo más fino que el recogido por el filtro primario. Los filtros deben ser suficientemente eficaces para eliminar partículas irritantes y tóxicas.

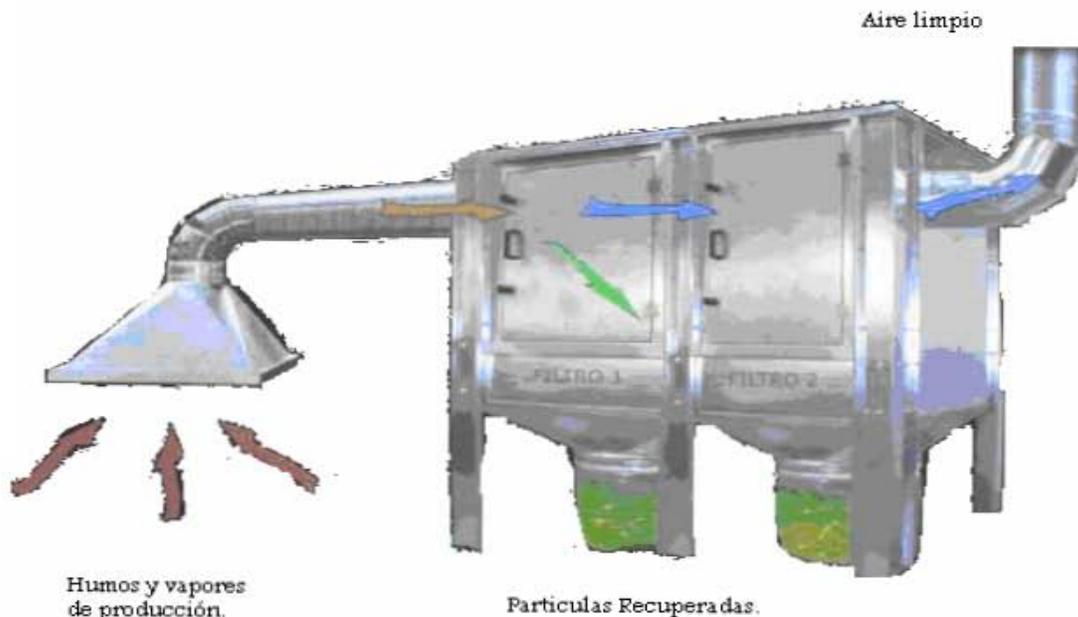


Fig. 6. Esquema de filtración.

La elección de un filtro se basa en su eficacia, en su capacidad para acumular polvo, en su pérdida de carga y en el nivel exigido de pureza de aire. La eficacia de un filtro se mide por las normas ASHRAE 52-76 Y Eurovent 4/5. Su capacidad de retención se define como la masa del polvo que retiene por el volumen de aire filtrado y se utiliza para filtros que sólo retienen partículas grandes (filtros de eficacia media y baja). Para medir su capacidad de retención, se hace pasar a través del filtro polvo aerosol sintético, de concentración y granulometría conocidas. La parte retenida en el filtro se calcula por gravimetría.

La eficacia de un filtro expresa el número de partículas retenidas por el volumen de aire filtrado. Es el mismo valor que se utiliza para caracterizar filtros que también retienen partículas más finas. En este caso, se hace pasar a través del mismo una corriente de aerosol atmosférico compuesto de partículas de entre 0.5 y 1 μm de diámetro. La cantidad de partículas capturadas se mide con un opacímetro, aparato que mide la opacidad provocada por el sedimento. El ensayo Dioctilftalato (DOP) es utilizado para clasificar los filtros de aire particulado de alta eficacia (HEPA). La prueba se realiza con un aerosol fabricado por evaporación y condensación de dioctilftalato, que produce partículas de 0.3 μm de diámetro. El método se basa en la propiedad fotodispersora de las gotas de dioctilftalato: si sometemos el filtro a estas prueba, la intensidad de la luz dispersada será proporcional a la concentración superficial de este material y podrá medirse la penetración del filtro por la intensidad relativa de la luz dispersada antes y después de filtrar el aerosol. Para que un filtro obtenga la denominación HEPA, debe demostrar una eficacia superior al 99.97% en esta prueba. Aunque existe una relación directa entre ellos, los resultados de los tres métodos no son directamente comparables.

La eficacia de todos los filtros disminuye a medida que se van obstruyendo y entonces pueden convertirse en fuente de olores y contaminación. La vida útil de un filtro de alta eficacia puede alargarse en gran medida colocando uno o varios filtros de menor rango delante del filtro de alta eficacia.

Se presenta los valores de rendimientos inicial, final y promedio de diferentes filtros, conforme a los criterios establecidos por la norma ASHRAE 52-76 para partículas de 0.3 μm de diámetro.

Descripción del filtro		ASHRAE 52-76		Eficacia (%)	
	Mancha de polvo (%)	Retención (%)	Inicial	Final	Promedio.
Medio	25-30	92	1	25	15
Medio	40-45	96	5	55	34
Alto	60-65	97	19	70	50
Alto	80-85	98	50	86	68
Alto	90-95	99	75	99	87
95% HEPA	-----	---	95	99.5	99.1
99.97%HEPA	-----	---	99.97	99.7	99.97

Tabla 5. Valores de rendimientos de diferentes filtros

6.1.2 PRECIPITACIÓN ELECTROSTÁTICA.

Se trata de un método para controlar las partículas. Los equipos de esta clase funcionan ionizando las partículas y eliminándolas después de la corriente de aire por medio de un electrodo acumulador que las atrae y las captura.

La ionización se produce cuando el efluente contaminado pasa por el campo eléctrico generado por una alta tensión aplicada entre los electrodos de acumulación y descarga. La tensión se obtiene por medio de un generador de corriente continua. El electrodo acumulador cuenta con un superficie grande y suele tener una carga positiva, mientras que el electrodo de descarga es un cable con carga negativa.

Los factores más importantes que afectan a la ionización de partículas son el estado del efluente, su descarga y las características de las partículas (tamaño, concentración, resistividad, etc). La efectividad de la captura aumenta con la humedad y con el tamaño y la densidad de las partículas y disminuye al aumentar la viscosidad del efluente.

La principal ventaja de estos dispositivos es que son muy eficaces para recoger sólidos y líquidos, incluso cuando las partículas son muy finas. Además, estos sistemas pueden utilizarse con grandes volúmenes y a altas temperaturas. La pérdida de presión es mínima. Los inconvenientes son su alto coste inicial, sus necesidades de espacio y los riesgos de seguridad que plantean por las altas tensiones que requieren, especialmente si se utilizan en aplicaciones industriales.



Fig. 6.2. Precipitadores Electrostáticos

Los Precipitadores electrostáticos tienen una gama de aplicaciones, desde la reducción de las emisoras de partículas en ámbitos industriales, hasta la mejora de la calidad de aire en el interior de domicilios privados. En este último caso se trata de dispositivos más pequeños,

que funcionan con tensiones de entre 10.000 y 15.000 voltios. Normalmente disponen de sistemas equipados con reguladores automáticos de tensión que permiten aplicar siempre la tensión suficiente para producir la ionización sin provocar descargas entre ambos electrodos.

6.1.3 GENERACIÓN DE IONES NEGATIVOS.

Es un método utilizado para eliminar partículas suspendidas en el aire y sirve para crear ambientes más saludables.

El sistema de generación de iones, (o inyector), es un conjunto de equipos diseñados para la obtención y conformación de haces de iones negativos y para su inyección en el acelerador. Sus elementos constitutivos son la fuente de iones, la óptica electrostática necesaria para la extracción, enfoque y preaceleración de los mismos, un imán doblemente focalizante de 90° y con resolución 1/150, el sistema de vacío, las fuentes de alimentación y el sistema de control para todo el conjunto.

Todo el sistema está diseñado para operar a 300 kv negativos en un ambiente de aire limpio y seco.

La provisión original del acelerador incluía tres tipos distintos de fuentes de iones negativos, con el objeto de cubrir todos los elementos acelerables de la tabla periódica. Estas fuentes son una de tipo duoplasmatrón (fundamentalmente para protones y deuterones), una tipo alphasross (para acelerar helio) y otra de sputtering, para el resto de los elementos. Actualmente se utiliza con exclusividad una nueva fuente de sputtering, que permite obtener todos los tipos de iones requeridos.



Fig 6.3. Inyector.

6.1.4 ADSORCIÓN DE GASES.

Es un método utilizado para eliminar gases y vapores contaminantes, como el formaldehído, el dióxido de azufre, el ozono, los óxidos de nitrógeno y los vapores orgánicos. la adsorción es un fenómeno físico por el que las moléculas de gas quedan atrapadas en un material adsorbente sólido y poroso, de superficie muy extensa.

Para eliminar este tipo de contaminante se hace pasar el aire a través de un cartucho lleno del material adsorbente. El material más utilizado es el carbono activado, que atrapa una

gran variedad de gases inorgánicos y compuestos orgánicos, como los hidrocarburos alifáticos, clorados y aromáticos, las acetonas, los alcoholes y los ésteres.

El gel de sílice es asimismo un absorbente inorgánico y se utiliza para atrapar compuestos más polares, como los compuestos aminados y el agua. También existen otros adsorbentes de tipo orgánico compuestos de polímeros porosos. Es conveniente comentar que todos los sólidos adsorbentes sólo atrapan una cierta cantidad de contaminantes y después, una vez saturados, tienen que ser regenerados o reemplazados. Otro método de captura a través de sólidos adsorbentes es utilizar una mezcla activa de alúmina y carbono impregnada con unos reactivos específicos. Por ejemplo, algunos óxidos metálicos capturan vapor de mercurio, sulfuro de hidrogeno y etileno. Hay que tener en cuenta que no es posible retener el dióxido de carbono por adsorción.

6.1.5 ABSORCIÓN DE GASES.

Para eliminar gases y vapores por absorción se utiliza un sistema que fija las moléculas haciéndolas pasar a través de una solución absorbente con la que reaccionan químicamente. Es un método muy selectivo y utiliza reactivos específicos para el contaminante que se quiere capturar.

También debe reemplazarse o regenerarse antes de que se agote. Como el sistema se basa en que el contaminante pase del estado gaseoso al líquido, las propiedades físicas y químicas del mismo son muy importantes: su solubilidad y reactividad, el pH, la temperatura y la superficie de contacto entre el gas y el líquido. Si el contaminante es muy soluble, será suficiente con hacerlo borbotear a través de la solución para fijarlo al reactivo. Si el contaminante no es tan soluble, el sistema que se emplee deberá asegurar una mayor superficie de contacto entre el gas y el líquido.

Estos son algunos ejemplos de absorbentes y los contaminantes para los que son especialmente adecuados.

Reactivos utilizados como absorbentes para varios contaminantes.	
Absorbente.	Contaminante.
Dietilhidroxamina.	Sulfuro de hidrogeno.
Permanganato potásico.	Gases odoríferos.
Ácidos clorhídrico y sulfúrico.	Aminas.
Sulfuro sódico.	Aldehídos.
Hidróxido sódico.	Formaldehído.

Tabla 6. Reactivos para varios contaminantes.

6.1.6 OZONIZACIÓN.

Es un método de mejora para la calidad de aire en interiores que se basa en uso del gas ozono. El ozono se genera a partir del oxígeno por radiación ultravioleta o descarga eléctrica y se emplea para eliminar contaminantes dispersos en el aire. El gran poder oxidante de este gas lo hace adecuado como agente antimicrobiano, desodorante y desinfectante y apto para eliminar gases y vapores nocivos. También se emplea para purificar espacios con altas concentraciones de monóxido de carbono. En ámbitos industriales se utiliza para tratar el aire de cocinas, cafeterías, plantas de elaboración de alimentos y pescado, plantas químicas, plantas de tratamiento de aguas residuales, plantas de transformación del caucho, plantas de refrigeración, etcétera. En oficinas se utiliza con instalaciones de aire acondicionado para mejorar la calidad del aire.

El ozono es un gas azulado con un penetrante olor característico. En altas concentraciones es tóxico e incluso mortal para el hombre. Es preciso diferenciar la producción de ozono intencionada, accidental y natural. El ozono es un gas sumamente tóxico e irritante ya sea en exposiciones de larga o corta duración. Debido al modo en que reacciona en el cuerpo, no se conocen niveles que no tengan efectos biológicos.

Los procesos que emplean ozono deben llevarse a cabo en espacios cerrados o tener un sistema de extracción localizado para capturar cualquier liberación de gas en su origen. Los cilindros de ozono deben almacenarse en áreas refrigeradas, lejos de agentes reductores, materiales inflamables o productos que puedan catalizar su disgregación. Se deben tener en cuenta que si los ozonadores funcionan a presiones negativas y tienen dispositivos de paro automático en caso de avería, se minimiza la posibilidad de que se produzcan fugas.

Los equipos eléctricos utilizados en procesos que emplean ozono deben estar perfectamente aislados y su mantenimiento debe estar a cargo de personal experimentado. Si se utilizan ozonadores, los conductos y equipos accesorios deberán tener dispositivos que cierren inmediatamente los ozonadores en caso; si se detecta una fuga, cuando se produce una pérdida de eficacia en las funciones de ventilación, deshumidificación o refrigeración; si produce un exceso de presión o un vacío (según el sistema); o si la potencia del sistema es excesiva o insuficiente.



Fig. 6.4 Equipos de Ozonización.

Cuando se instalen ozonadores, deberán ir provistos de detectores específicos para ozono. No puede confiarse en el sentido del olfato porque puede saturarse, otros detectan las fugas con tiras reactivas de yoduro de potasio que se vuelven azules, aunque no es un método específico ya que la prueba da positivo con la mayoría de los oxidantes es mejor realizar un control de fugas continuado por medio de acumuladores electroquímicos, fotometría de ultravioletas o quimioluminiscencia, conectado el dispositivo de detección elegido a un sistema de alarma que actúe cuando se alcancen ciertas concentraciones.

6.2 OTRAS FORMAS DE DEPURAR EL AIRE.

6.2.1 HIDROIONIZACIÓN.

Una forma natural de depurar el aire es la producción de iones negativos por medio del uso de agua pulverizada. Se ha demostrado que cuando el agua se nebuliza, la parte más grande de la gota queda cargada positivamente, mientras que la parte más fina y volátil, negativamente.

Sin necesidad de aparatos nebulizadores, todos hemos experimentado una sensación especial cerca de las cataratas, en saltos de agua ó a orillas del mar, donde rompe las olas, ó después de la lluvia. Gran parte de bienestar que nos proporciona una ducha proviene de la inhalación de iones negativos formados por el agua es simplemente una forma de darnos una buena ionización.

Es por esta razón que en todas las plazas del mundo, pulmones de las ciudades, suelen haber fuentes de agua ya que nos proporciona un ambiente ionizado.

CONCLUSIÓN.

Las leyes naturales de la física, los principios básicos de la termodinámica y hasta los problemas prácticos de ingeniería nos han ayudado a explicar, que es el aire que nos rodea, el cual pretendemos acondicionar; entendiendo por tal dar o adquirir cierta condición o calidad. Tomando en cuenta circunstancias de temperatura, movilidad del aire (ionización) y la humedad, sin olvidar la contaminación y sus fuentes de emisión más comunes.

El aire del ambiente esta altamente contaminado, quitarle esa carga nociva es nuestra principal preocupación. Sencillamente sin aire no hay vida es más sin aire puro y de calidad no hay salud. Para lograr esta calidad, el hombre se vale de técnicas que tienen como función principal controlar la temperatura, humedad, limpieza, ventilación y movimiento del aire.

Los grandes avances tecnológicos le han permitido formar climas artificiales así como purificar el aire eliminando las cargas estáticas.

Las cargas estáticas se presentan de diversas formas y en múltiples circunstancias, sea con descargas incómodas ó como foco de ignición en procesos con presencia de nieblas, vapores, gases o polvos combustibles.

La ionización del aire es uno de los aspectos de control de la estática menos entendido; pero como hemos visto es una de las técnicas utilizadas para eliminar partículas del aire; los iones actúan como núcleos de condensación para partículas pequeñas que al aglutinarse crecen y se precipitan.

Es una electricidad necesaria para la vida, ya que sin ella los animales morirían rápidamente y las plantas no podrían crecer; como lo han demostrado cientos de estudios.

La cuestión es que para que se mantenga la vida es necesario que la atmósfera que respiramos los seres vivos estén en equilibrio. Cuando el equilibrio se rompe el aire se carga de iones positivos, adquiriendo efectos perturbadores para la salud, por el contrario la presencia de una mayor carga de iones negativos favorecen el bienestar y el funcionamiento de todos los sistemas biológicos. Esto explica la importancia que posee un equipo ionizador.

De esta manera el aire acondicionado ha venido a introducirse en nuestras vidas para ofrecernos ese ambiente confortable tanto de trabajo ó como de recreo. Es por esto que la tecnología de los equipos tanto de confort como los antiestáticos nos ayuda a formar y a limpiar climas artificiales creando electro climas ideales.

Con la realización de este tema, me propuse abrir una línea de estudio, que aunque ya es muy viejo, es poco conocido; pero con una gran importancia actual, debido a los cambios climatológicos, atmosféricos que a sufrido la tierra por la intervención del hombre.

BIBLIOGRAFÍA.

~ Camilo Botera G. Refrigeración y Aire Acondicionado. Sexta edición. Prentice Hall Internacional. Madrid – España. 1981.

~ Carrier Air Conditioning Company. Manual de Aire Acondicionado. Séptima reimpresión. Marcambo Boixareu. Barcelona – México. 1996.

~ Eduardo Hernández G. Fundamentos de Aire Acondicionamiento y Refrigeración. Limusa. México. México. 1986.

~ Edward G. Pita. Acondicionamiento del Aire, Principios y Sistemas. Primera Edición. Continental S.A. México. 1994.

~ Enrique Carnicer Rayo. Aire acondicionado. Quinta edición. Paraninfo S.A. Madrid – España. 2001.

~ Giulio Milazzo. Electrochemistry. Elsevier publishing. Amsterdam/ London/ New York. 1980.

~ James L. Threlkeld Ingeniería de Ámbito Térmico. Prentice Hall Internacional. Madrid – España. 1983.

~ Kelley D. Ingeniería Electroquímica. Segunda impresión. Prentice Hall Internacional Madrid – España. 1981

~ L. Parmeggiani. Enciclopedia de Salud en el Trabajo. Tercera edición. Organización Internacional del Trabajo. Ginebra. 1987.

~ M. Díaz Peña. Físico Química. Sexta reimpresión. Alhambra. España. 1985.

~ Mc. Quiston Faye C. Calefacción, Ventilación y aire acondicionado. Limusa W. México. 2003.

~ Néstor Pedro Cuadri. Instalaciones de Aire Acondicionado y Calefacción. Sexta edición. AISINA. Buenos Aires – Argentina. 2002.

~ P. W. Atkins. Físicoquímica. Tercera edición. Addison - Wesley. Iberoamericana. 1991.

APÉNDICES.

TABLA I

GANANCIA DE CALOR POR RADIACIÓN SOLAR A TRAVÉS DE VIDRIOS Btu/ por pie²

Latitud	24°			32°			40°			48°			56°			
	3 am	medio	6pm													
br est.																
mirando hacia																
N	28	37	33	12	27	36	32	14	25	34	30	15	23	32	26	15
para sombra																
NE	195	47	32	9	118	41	31	9	101	36	30	10	148	33	23	11
E	202	71	32	9	202	70	31	9	133	68	30	10	135	65	23	11
SE	153	83	33	9	166	107	46	9	181	119	34	10	131	151	25	11
S	32	68	48	9	41	104	71	11	59	144	36	14	75	171	123	18
SO	25	50	447	55	25	64	166	36	24	84	18	30	23	38	200	100
O	26	39	171	100	25	36	163	115	24	36	16	12	323	33	161	133
NO	26	38	153	76	25	36	82	85	24	34	55	30	23	32	50	36
Horizonte	153	25.7	215	39	150	250	207	41	142	23	19	42	181	812	170	43

* basado en el manual ASHRAE. Los valores mostrados son para el 21 de agosto con vidrios planos 1/8 de pulgada dobles.

TABLA 2

FACTORES DE GANANCIA DE CALOR POR RADIACIÓN SOLAR A TRAVÉS DE VIDRIOS.

Tipo de vidrio	sin sombra	con sombra (persiana o cortinas forradas)
vidrio plano 1/8	1.00	0.64
vidrio plano 1/4	0.95	0.64
vidrio que absorbe calor 3/16	0.72	0.57
vidrio reflectante 1/4	0.80-0.60	0.25-0.50
vidrio claro con película por el lado interior	0.25-0.46	0.21-0.35
vidrios dobles		
vidrios claros 1/8	0.90	0.57
vidrios claros 1/4	0.83	0.57
película que absorbe calor en el exterior	0.56	0.33
vidrio claro interior		

TABLA 3

FACTORES DE TRANSMISIÓN DE CALOR PARA VIDRIOS.

TIPO DE VIDRIO	Valor U	
	VERANO	INVIERNO
	sin sombra	con sombra
Vidrio sencillo	1.06	0.81
vidrio doble 1/4 con espacio de aire	0.61	0.52
ventanas con lentes más ventanas para tormentas	0.54	0.47

TABLA 4

CORRECCIÓN DE TEMPERATURAS SEGUN LA HORA DEL DIA

Hora estandar	9am	mediodia	3pm	6pm
factor de rango diario	0.71	0.23	0	0.21

1 Sacado del manual de fundamentos ASHRAE.

TABLA 5

FACTORES DE TRANSMISIÓN DE CALOR VALORES DE U

CONSTRUCCION	VALOR U	
	VERANO	INVIERNO
PAREDES		
ESTRUCTURA CON LATERALES DE MADERA FORRO EXTERIOR Y TERMINADO INTERIOR	0.22	0.23
SIN AISLAMIENTO	0.03	0-03
CON AISLAMIENTO R-7	0.07	0.07
CON AISLAMIENTO R-11		
ESTRUCTURA DE LADRILLO 4 FORRO EXTERIOR Y TERMINADO INTERIOR	0.24	0.24
SIN AISLAMIENTO	0.03	0.03
CON AISLAMIENTO R-7	0.07	0.07
CON AISLAMIENTO R-11		
MARCO CON ESTUCADO DE 1" FORRO EXTERIOR Y TERMINADO INTERIOR.		
SIN AISLAMIENTO	0.23	0.23
CON AISLAMIENTO R-7	0.10	0.10
CON AISLAMIENTO R-11	0.07	0.07
MAMPOSTERIA		
8" DE BLOQUES DE CONCRETO	0.43	0.51
12" BLOQUES DE CONCRETO	0.45	0.43
MAMPOSTERIA CON BLOQUES DE 8"		
TERMINADO INTERIOR:		
PLACAS FORRADAS DE ASBESTO 1/2"	0.23	0.30
PLACAS FORRADAS DE ASBESTOS CON HOJA DELGADA DE METAL EN EL ENVES 1/2"	0.23	0.30
LAMINAS DE AISLAMIENTO 1"	0.13	0.13
MAMPOSTERIA CON BLOQUES DE 8"		
TERMINADO INTERIOR:		
PLACAS FORRADAS DE ASBESTO 1/2"	0.25	0.25
PLACAS FORRADAS DE ASBESTOS CON HOJA DELGADA DE METAL EN EL ENVES 1/2"	0.12	0.13
LAMINAS DE AISLAMIENTO 1"	0.12	0.12
MAMPOSTERIA CON BLOQUES DE 4"		
TERMINADO INTERIOR:		
PLACAS FORRADAS DE ASBESTO 1/2"	0.22	0.22
PLACAS FORRADAS DE ASBESTOS CON HOJA DELGADA DE METAL EN EL ENVES 1/2"	0.16	0.16
LAMINAS DE AISLAMIENTO 1"	0.12	0.12
MAMPOSTERIA CON BLOQUES DE 12"		
TERMINADO INTERIOR:		
PLACAS FORRADAS DE ASBESTO 1/2"	0.24	0.24
PLACAS FORRADAS DE ASBESTOS CON HOJA DELGADA DE METAL EN EL ENVES 1/2"	0.16	0.16
LAMINAS DE AISLAMIENTO 1"	0.12	0.12
MAMPOSTERIA LADRILLO DE 4"		
TERMINADO INTERIOR	0.28	0.28
PLACAS FORRADAS DE ASBESTO CEMENTO 1/2	0.18	0.13
PLACAS FORRADAS DE HOJA DELGADA METAL DE 1/2"	0.13	0.13
LAMINAS DE AISLAMIENTO DE 1"		
MAMPOSTERIA DE 8"		
TERMINADO INTERIOR:		
PLACAS FORRADAS DE ASBESTO 1/2"	0.33	0.34
PLACAS FORRADAS DE ASBESTOS CON HOJA DELGADA DE METAL EN EL ENVES 1/2"		
LAMINAS DE AISLAMIENTO 1"	0.21	0.21

FACTORES DE TRANSMISIÓN DE CALOR, VALORES DE U

CONSTRUCCION	VALOR U	
	VERANO	INVERNO
TECHO-CIELOFALSO. cubierta de concreto liviano 6" sin aislamiento.	0.10	0.11
cubierta de concreto liviano de 8" sin aislamiento	0.08	0.09
cubierta de concreto pesado de 2" sin aislamiento	0.32	0.38
con aislamiento 1" (R-2,78)	0.17	0.19
con aislamiento de 2" (R-5,56)	0.11	0.12
cubierta de concreto pesado de 4" sin aislamiento	0.30	0.36
con aislamiento 1" (R-2,78)	0.16	0.18
con aislamiento de 2" (R-5,56)	0.11	0.12
cubierta de concreto pesado de 6" sin aislamiento	0.28	0.33
con aislamiento 1" (R-2,78)	0.16	0.17
con aislamiento de 2" (R-5,56)	0.11	0.12
TECHO-CIELO FALSO (techo inclinado con estructura de madera cielo falso terminado contra ligas)		
sin aislamiento	0.28	0.29
con aislamiento R-19 (5 1/4" - 6 1/2")	0.05	0.05
TECHO-ATICO-CIELO FALSO (ático con ventilación natural)		
sin aislamiento	0.15	0.21
con aislamiento R-19 (5 1/4" - 6 1/2")	0.04	0.05
PISOS		
Losa de concreto contra el suelo		
sin aislamiento	0	50
con aislamiento de placa de poliestireno de 1" pies de profundidad o con 2 pies de ancho	0	30
biso sobre espacio no acondicionado sin cielo-falso estructura de madera		
sin aislamiento	0.33	0.27
con aislamiento R-7 (2" 2 3/4")	0.09	0.08
cubierta de concreto		
sin aislamiento	0.59	0.43
con aislamiento R-4	0.10	0.09
PUERTAS		
Madera sólida		
de 1" de espesor	0.61	0.64
de 1 1/2" de espesor	0.47	0.49
2" de espesor	0.42	0.43
Acero		
de 1 3/4" de espesor, con interior de fibra mineral	0.58	0.59
de 1 3/4" de es espesor con interior de poliestireno	0.46	0.47
de 1" de espesor con interior de espuma de uretano.	0.39	0.40

TABLA 6

**DIFERENCIAS EQUIVALENTES DE TEMPERATURA PARA PAREDES
SOLEADAS Y SOMBREADAS**

(°F)

Construcción de la pared*	Hora estándar	NE		E		SE		S		SO		O		NO		N (con sombra)	
		osc.	claro	osc.	claro	osc.	claro	osc.	claro	osc.	claro	osc.	claro	osc.	claro	osc.	claro
CONSTRUCCION LIVIANA	9 a.m.	28	17	35	20	29	17	16	10	18	12	18	12	15	10	14	9
	Mediodía	27	17	38	22	38	23	27	17	24	15	24	15	20	14	17	12
	3 p.m.	24	17	25	20	31	21	32	21	37	24	34	22	26	18	20	15
	6 p.m.	23	17	26	19	26	18	26	18	41	25	47	30	37	24	21	16
CONSTRUCCION MEDIO - LIVIANA	9 a.m.	12	8	14	9	11	7	6	4	8	5	9	6	7	5	7	5
	Mediodía	25	14	34	18	27	15	11	7	9	7	9	6	9	4	10	6
	3 p.m.	29	18	35	23	39	22	26	16	21	16	18	12	15	11	16	11
	6 p.m.	30	20	37	24	39	25	36	24	41	24	38	25	29	20	22	17
CONSTRUCCION MEDIO - PESADA	9 a.m.	14	11	17	13	16	12	14	11	18	12	20	16	17	11	12	10
	Mediodía	17	11	21	14	19	12	13	9	15	10	16	11	14	10	11	8
	3 p.m.	21	14	28	19	25	15	16	11	14	11	17	11	14	10	12	9
	6 p.m.	25	16	32	19	30	18	23	15	23	15	22	15	18	12	15	11
CONSTRUCCION PESADA	9 a.m.	20	14	26	16	23	15	20	14	24	16	26	17	21	15	15	11
	Mediodía	19	13	24	15	22	14	19	13	24	15	24	16	20	14	14	11
	3 p.m.	20	13	24	16	22	15	18	13	22	14	23	15	19	13	14	10
	6 p.m.	20	14	26	16	25	16	19	13	22	14	23	15	18	13	14	11

* Para ejemplos de cada tipo de construcción vea las notas de abajo

TABLA 7

GANANCIA DE CALOR POR PERSONAS.

Grado de actividad	Aplicación típica	Calor total Btu/h	Calor sensible Btu/h	Calor latente Btu/h
Sentadas, descansando	teatro, matine salón de clases, escuela elemental	330	225	105
	teatro / tarde	350	245	105
sentadas, trabajo liviano	oficina, hotel, apartamento salón de clases, escuela secundaria	400	245	155
trabajo de oficina moderadamente activo	oficina, hotel, departamento salón de clases, universidad	450	250	200
de pie, trabajo liviano caminando lentamente	droguería, banco	500	250	250
trabajo sedentario	restaurante ²	550	275	275
trabajo de banco liviano	factoría	750	275	425
baile moderado	pista de baile	850	305	543
caminando a 3 m, trabajo moderadamente pesado	factoría	1000	375	625
bolos trabajo pesado	pista de bolos factoría	1450	580	870

1 Esta tabla fue sacada del manual de fundamentos de ASHRAE - 1972

2 El valor corregido total de ganancia de calor para trabajo sedentario restaurante incluye el 60Btu/h por la comida por persona.

TABLA 8

GANANCIA DE CALOR POR MOTORES ELECTRICOS.

potencia del motor	posición del aparato con respecto a la corriente de aire o al espacio acondicionado.		
	Motor equipo movido dentro del area	motor fuera y equipo movido dentro	Motor dentro del area y equipo movido fuera
1/8	580	320	260
1/6	710	430	280
1/4	1,000	640	350
1/3	1,230	850	440
1/2	1,620	1280	540
3/4	2,680	1330	750
1	3,220	2540	680
1-1/2	4,770	3620	350
2	6380	5100	1280
3	9450	7650	1800
5	15600	12800	2800
7-1/2	22500	13100	3400
10	30000	25500	4500
15	44500	36200	6300
20	58500	51000	7500
25	72400	63600	8800

TABLA 9

GANANCIA DE CALOR POR ELECTRODOMESTICOS

Tipo de electrodomestico	electricidad				gas				vapor			
	sin campana extractora			con camp.	sin campana extractora			con camp.	sin campana extractora			con camp.
	renovable	latente	total	todo renovable	renovable	latente	total	todo renovable	renovable	latente	total	todo renovable
horno parrilla 31"x20"x18	770				11700	6300	1800	3600				
cacerama	230	230	1000	340	1750	750	2500	500				
haciendo calor		70	300	30								
calentando cafe	2550	850	3400	1000	3500	3500	5000	1000	2180	1120	3500	1000
jarron de cafe	3850	1250	5100	1500	5250	3250	7500	1500	3300	1700	5000	1600
3 galones	5200	1600	6300	2100	7000	7000	10000	2000	4350	2250	6600	2100
parrilla de freir												
15 libras	2800	6600	3400	3000	7500	7500	15000	3000				
21 libras	4100	3630	13700	4300								
calentador de alimentos	320	80	400	130	560	140	700	140				
	300	1600	4600	1500	4300	2600	7500	1500				
estufa de dos unidades					5300	3600	8300	2800				
fogon					3200	1800	6000	1000				
parrilla de vapor					750	500	1250	250	500	325	825	260
tortador continuo												
360 tajadas x/hr	1360	1740	3700	1200								
720 tajadas x/hr	2700	2400	5100	1600	3600	2400	6000	1200				
4 tajadas	2230	1870	4200	1300	6000	3000	10000	2000				
wafflers 18"x20"x13"	1080	1120	2800	300								
secador de pelo												
soplador de pedestal	2300	400	2700									
quemadores de laboratorio	1870	330	2200		1080	420	2100					
burner					2800	700	3500					
fristol					3360	840	4200					
meeker	60		60									
sofo de neon												
extenfrador	650	1200	1850									
maquina vendedora												
bebidas calientes			1200									
bebidas frías			625									

TABLA 11

INFILTRACIÓN.

CLASE DE AREA O DE EDIFICIO	cambios de aire por hora			
	verano		invierno	
	protección ordinaria	sellamientos o marcos de tormenta	protección ordinaria	sellamientos o marcos de tormenta
sin ventanas o puertas exteriores	0.30	0.15	0.50	0.25
valores de entrada	1.20 a 1.80	0.50 a 0.90	2.00 a 3.00	1.00 a 1.50
valores de recepción	1.20	0.50	2.00	1.00
baños	1.20	0.50	2.00	1.00
infiltración a través de ventanas	0.50	0.30	1.00	0.50
puerta con 2 lados expuestos	0.9	0.45	1.50	0.75
puerta con 3 lados expuestos	1.20	0.60	2.00	1.00
puerta con 4 lados expuestos	1.20	0.50	2.00	1.00

TABLA 12

INFILTRACIÓN POR PUERTAS (pies³ / min)
sin vestíbulo

Diferencia de temp. (DT) (grados F)	Tráfico de personas (TR) tráfico = No de personas/h para cada puerta										
	10	20	40	60	80	100	200	400	600	800	1000
10	4	8	16	24	32	40	80	160	240	320	400
20	9	16	32	48	64	80	160	320	480	640	800
40	16	32	64	96	128	160	320	640	960	1280	1600
60	24	48	96	144	192	240	480	960	1440	1920	2400
80	32	64	128	192	256	320	640	1280	1920	2560	3200
100	40	80	160	240	320	400	800	1600	2400	3200	4000

* Basado en la información del manual de fundamentos ASHRAE - 1972 especialmente capítulo 13. Los valores de la tabla están basados en la idea de que durante las tormentas fuertes todas las demás puertas fuera de la principal.

TABLA 13

REQUISITOS PARA VENTILACIÓN.

Aplicación	³ pie /min por persona
Banco (zona del público)	7
pequeña	7
salón de billar	25
cancha de béisbol	15
Cocteria bar	30
almacen de departamentos	
area público	
bodega	7
drogería	5
sala de trabajo	20
area del público	7
factoría	10-35
Garage taller	⁴ 15
parquadero	⁴ 15
area de reparaciones	10
Hospital	10
pieza sencilla o doble	20
guardería	20
corredor	35
sala de operación	
centro de preparación de alimentos	
Hotel	7
pieza	10
sala	20
baño	5
corredor	7
salón principal	15
salón de conferencias	15
baños públicos	

Aplicación	¹ pie 3 min por persona
Laboratorios	15
oficina general	15
salón de conferencias	25
sala de espera	10
salón de billar	20
Restaurante	
comedor	10
cocina	30
cafetería, ordenes para llevar	30
colegio	
salón de clases	10
laboratorio	10
tienda	10
auditorio	5
gimnasio	20
biblioteca	7
oficina	7
baños, duchas	15
comedor	30
corredor	10
dormitorios y alcobas	15
	7
Teatro	
recibidor	20
auditorio	
zona de fumadores	10
zona de no fumadores	5
baños	15

1 Información sacada del Standard ASHRAE 62-73 Valores mínimos usados.

2 Sistema especial para control de contaminantes puede ser requerido.

3 Los códigos locales

4pies /min por pie cuadrado de area

5Cuando los motores están desprendidos se debe utilizar un sistema de extracción positiva de humos de escapes.

6 Se requiere un 100% de aire exterior para evitar peligros de explosión.

7sistemas especiales de extracción son requeridos en este caso

TABLA 14

DIFERENCIAS DE TEMPERATURA EQUIVALENTES PARA GANANCIAS DE CALOR A TRAVES DE TECHOS PLANOS.

Construcción de techo	HORA ESTANDAR							
	a.m.				p.m.			
	9		12		3		6	
	osc.	claro	osc.	claro	o.c.	claro	osc.	claro
CONSTRUCCION LIVIANA								
cubierta de acero con aislamiento de 1 a 2"	34	14	81	42	0	50	56	34
estructura de madera de 2.5" con aislamiento de 1 a 2"	19	6	65	32	8	48	70	40
estructura de madera de 1" con aislamiento de 1 a 2"	7	-1	38	17	8	35	73	40
CONSTRUCCION MEDIANA								
estructura de madera de 4" con aislamiento de 1 a 2"	8	1	21	8	4	19	60	32
concreto liviano de 4" sin aislamiento	8	1	40	17	0	35	75	41
concreto pesado de 2" con 1 a 2" sin aislamiento								
Concreto liviano de 6 a 8" sin aislamiento	32	62	10	41	6	16	-1	4
CONSTRUCCION PESADA								
concreto pesado 4" con aislamiento de 1 a 2"	11	3	21	8	39	19	53	28
concreto pesado de 5" con aislamiento de 1 a 2"	16	9	21	9	33	15	44	22
TECHOS BAJO LA SOMBRA								
Livianos	3		11		18		17	
Medianos	2		7		15		17	
Pesados	3		5		11		15	

los valores de esta tabla estan basados en una diferencia de temperatura de 20°F entre el interior y el exterior. cuando la diferencia sea mayor o menor de 20 grados, sume el exceso a los valores de la tabla. 2 incluye escoria de 1/2 una membrana y una felpa, una encima de 3/8

TABLA 15a
GANANCIA DE CALOR EN LOS DUCTOS

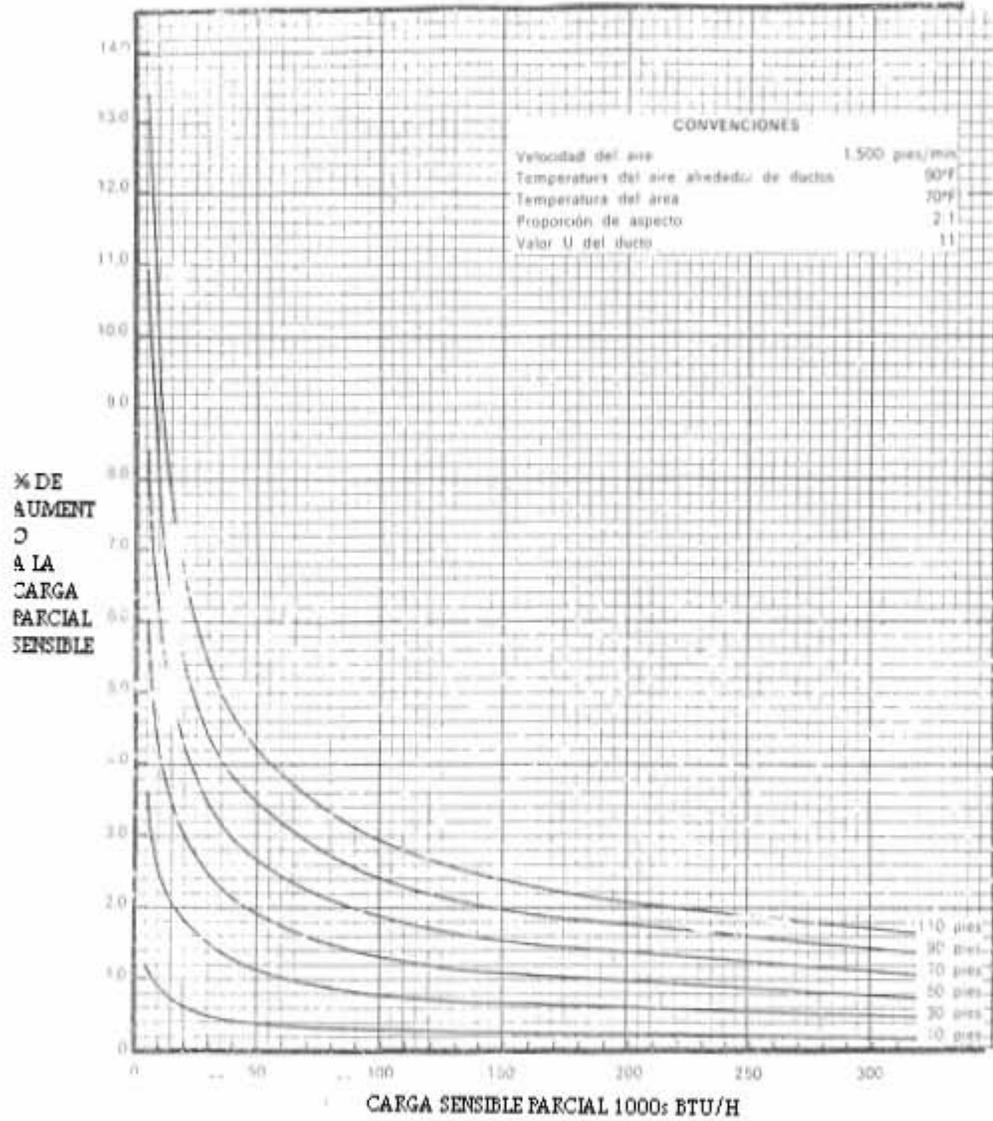


TABLA 15b

MULTIPLICADORES DE VELOCIDAD.



TABLA 15c

MULTIPLICADORES DE AIRE ALFREDEDOR DEL DUCTO

Temperatura de aire alrededor de ducto grados F	Multiplicador
150	2.8
140	2.5
130	2.2
120	1.9
110	1.6
100	1.3
90	1.0
80	0.7
75	0.6

TABLA 15d

MULTIPLICADORES PARA TEMPERATURAS DE AREAS.

Temperatura de diseño del área grados F	Multiplicador
75	1.08
75	1.05
77	1.02
78	1.00
79	0.98
80	0.96

TABLA 15e

MULTIPLICADORES DE PROPORCION DE ASPECTO.

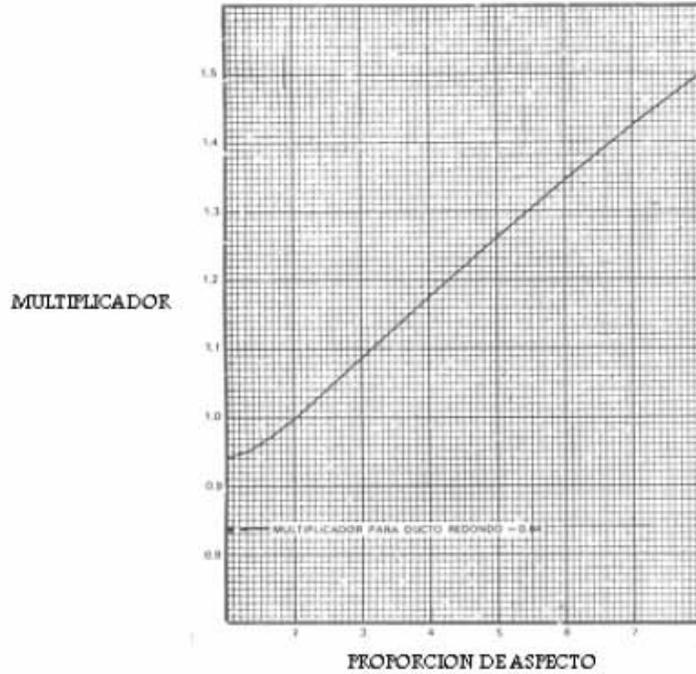


TABLA 15f.

MULTIPLICADORES DE AIRE DE RETORNO.

Temperatura del aire de retorno (grados F)	Multiplicador
80	0.23
79	0.31
78	0.34
77	0.37
76	0.40
75	0.43

TABLA 16

VELOCIDAD EN LOS DUCTOS

Tipo de ducto	colegios teatros edificios publicos	edificios industriales.
	velocidad recomendada pies / min.	
ductos principales	1 000 - 1300	1200 - 1800
ramales	600 - 900	800 - 1000
elevador	600 - 700	800
	velocidad maxima pies / min	
ductos principales	1100 - 1600	1300 - 2200
ramales	800 - 900	1000 - 1800
elevador	800 - 1200	1000 - 1600

Sacado del manual de fundamentos de ASHRAE - 1972.

TABLA 17

**TEMPERATURA DEL AIRE ALREDEDOR DE LOS DUCTOS.
(CONDICIONES DE VERANO).**

Localidad del ducto	temperatura aproximada del aire alrededor del ducto
pieza sin acondicionar sin ventilación apropiada	5 grados F por debajo de la temperatura exterior ES
pieza sin acondicionar bien ventilada	temperatura exterior de bulbo seco
ático con ventilación mínima	temperatura exterior de bulbo seco más 25 a 50 grados F
ático bien ventilado	temperatura exterior de diseño de bulbo seco más 10 a 20 grados F
otros espacios sin acondicionar (sala de calderas, cocinas, etc).	según mediciones de temperatura de bulbo seco en espacios similares
expuestos directamente a las condiciones exteriores	temperaturas exterior de bulbo seco más 5 a 20 grados (dependiendo de los expuestos que estén a la luz solar directa)

Información basada en investigaciones realizadas en la Universidad de ILLINOIS.
Se recomienda medir las temperaturas reales en todos los casos en que sea posible.

TABLA 18

ESTIMATIVOS DE CONCENTRACIÓN DE PERSONAS.

APLICACIÓN	PIES ² POR PERSONA
Salon de asamblea, iglesia, colegio, auditorio, funerarias, teatro.	7
peñaquena	40
salon de belleza	20
carucha de bolos	
salon de calnes	20
salon de conferencias	14-17
almacen de departamentos, almacen de ventas, sotano y primer piso otros pisos	33 50
dormitorio	50
servicio de comidas comedor cafeterias o ordenes para llevar. cocina	14 10 50
laboratorios	20
biblioteca	50
oficina general	100
facilidades recreativas salon de baile salon de billar	10 40
baños publicos	10
taberna, bar con gente parada sin mesa todos sentados	7 10

Lo establecido en los codigos debe seguirse cada vez que la norma sea aplicable.

TABLA 19

HUMEDAD RELATIVA INTERIOR MAXIMA (INVIERNO %HR)

Temperatura exterior de diseño de bulbo seco (grado F)	Temperatura interior de bulbo seco					
	68°F		72°F		75°F	
	Vidrio sencillo	Vidrio doble	Vidrio sencillo	Vidrio doble	Vidrio sencillo	Vidrio doble
-30	3	18	3	18	3	18
-20	5	23	5	22	5	21
-10	8	27	7	26	6	25
0	12	33	11	31	10	29
10	17	39	16	37	15	35
20	24	46	23	44	22	42
20	34	55	32	52	30	49