



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DIAGNÓSTICO DE OPERACIÓN DEL  
SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO EN  
EL AEROPUERTO. CASO DE ESTUDIO:  
AEROPUERTO DE TAMPICO, TAMAULIPAS,  
MÉXICO.**

**TESIS**

Que para obtener el título de

**INGENIERO CIVIL**

**P R E S E N T A:**

CÁRDENAS PÉREZ JOHNNY CLEMENTE

**DIRECTOR DE TESIS**

M.C. CONSTANTINO GUTIÉRREZ PALACIOS



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017**



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.



## INDICE

## Introducción

Objetivo General

Objetivo general

Objetivo económico

Objetivo técnico

Justificación

1.- **CAPÍTULO 1. PRINCIPIOS GENERALES DE AIRE ACONDICIONADO.**

1.1.- Leyes que rigen el comportamiento del aire .....	7
1.1.1.- Primera ley de la termodinámica .....	7
1.1.2.- Segunda ley de la termodinámica .....	7
1.1.3.- Ley de Charles, Joule, Avogadro, gases perfectos, .....	8
Gibbs-Dalton.	
1.2.- Composición del aire atmosférico .....	9
1.3.- Propiedades psicrométricas .....	10
1.3.1.- Calor específico .....	10
1.3.2.- Peso específico .....	11
1.3.3.- Volumen específico .....	11
1.4.- Psicrometría del aire .....	11
1.4.1.- Carta psicrométrica .....	11
1.4.2.- Procesos Psicrometricos .....	20
1.4.3.- Acondicionamiento de aire .....	22
1.5.- Balance térmico .....	23



---

1.5.1.- Cálculo de coeficientes de transmisión .....	23
1.5.2.- Factor de ganancia solar .....	27
1.5.3.- Transmisión en muros, losas y ventanas .....	28
1.5.4.- Condiciones de diseño .....	29
1.5.5.- Ganancia de carga térmica por personas .....	29
1.5.6.- Ganancia de carga térmica por iluminación .....	31
1.5.7.- Ganancia de carga térmica por equipos .....	33
1.5.8.- Ganancia de carga térmica debida al aire para ventilación .....	35
1.5.9.- Ganancia de carga térmica debida a la infiltración de aire .....	36
1.6.- Diseño de ductos .....	37
1.6.1.- Velocidades en ductos .....	37
1.6.2.- Caída de Presión en ductos .....	39
1.6.3.- Dimensionamiento de ductos .....	42
1.6.3.1.- Dimensionamiento de ductos a velocidad constante .....	42
1.6.3.2.- Dimensionamiento de ductos a presión constante .....	44
1.7.- Diseño de tuberías de refrigeración .....	44
1.7.1.- Caída de presión en tuberías tipo L .....	45
1.7.2.- Dimensionamiento en tuberías de refrigeración tipo L .....	45
1.7.3.- Refrigerantes (R-22, R-410A, R-407, R-134) .....	46
<b>2.- CAPÍTULO 2. ESPECIFICACIONES Y NORMAS DE CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS HVAC EN AEROPUERTOS</b>	
2.1.- Generalidades .....	53
2.1.1.- Objetivos y definiciones.....	53
2.1.2.- Referencias .....	53



---

2.1.3.- Obligaciones del contratista .....	54
2.1.4.- Materiales.....	58
2.1.5.- Supervisión .....	58
2.2.- Bases del diseño .....	64
2.3.- Ductos de aire acondicionado .....	64
2.3.1.- Ductos rectangulares .....	65
2.3.2.- Soportería .....	71
2.3.3.- Aislamiento térmico .....	73
2.3.4.- Aislamiento exterior para ductos .....	76
2.3.5.- Aislamiento interior para ductos .....	77
2.3.6.- Ductos flexibles .....	77
2.3.7.- Difusores para aire .....	79
2.3.8.- Rejillas.....	83
2.3.9.- Consideraciones de ruido.....	86
2.4.- Pruebas balance y ajuste .....	87
<b>3.- CAPÍTULO 3. CASO ESTUDIO, AEROPUERTO DE TAMPICO, TAMAULIPAS, MÉXICO.</b>	
3.1.- Levantamiento técnico .....	89
3.2.- Balance térmico del aeropuerto de Tampico.....	92
3.3.- Diagnostico aeropuerto Tampico .....	102
3.4.- Sugerencias de mejora del sistema .....	145
<b>4.- CAPÍTULO 4.</b>	
CONCLUSIONES.....	146
ANEXOS Y BIBLIOGRAFÍA .....	147



## INTRODUCCIÓN

Es bien sabido que el país de México cuenta con una diversidad de climas, suelos, personas, costumbres, etc. Esto lo hace un país atractivo tanto turísticamente, comercialmente y productivo en determinadas temporadas del año.

Aunado a lo anterior y gracias a nuestro mundo globalizado, las instalaciones de cualquier aeropuerto deben de contar con ciertas condiciones tanto de servicios como de confort (aire acondicionado), de tal manera que brinde un ambiente agradable y de salud para el número de personas que transiten, arriben y lleguen a los aeropuertos

Debido al clima extremadamente caluroso de la ciudad de Tampico, que se presenta en la época de verano, para nuestro caso en el aeropuerto de Tampico, se requiere el rediseño del sistema actual HVAC del aire acondicionado en el aeropuerto, ya que el sistema actual no presenta una eficiencia positiva en el desarrollo de su operación actual de algunas zonas importantes dentro del aeropuerto, consiguiendo de esta manera un diagnostico general de las razones de la problemática para crear un ambiente confortable otorgando aire limpio, saludable y fresco, para responder satisfactoriamente a las exigencias del espacio climatizado.

Para la realización de este trabajo se pidió y recabo información de la operación del sistema de refrigeración y aire acondicionado.

El aeropuerto de Tampico juega un papel importante en el desarrollo comercial, turístico y de productividad en México puesto que sus fines es el de interconectar de forma precisa los enlaces de un lugar a otro lo hacen muy interesante teniendo como unas de sus fuentes de mayor ingreso las operaciones portuarias que engrandecen el desarrollo económico de dicha ciudad.

### **Objetivo General**

El objetivo es encontrar por medio del análisis de la ingeniería las condiciones del estado actual del sistema de aire acondicionado en el aeropuerto de Tampico y proponer las mejoras necesarias al sistema referente, con el fin de lograr condiciones de confort en las mismas y contribuir al uso eficiente de los equipos e instalaciones encaminados al ahorro de energía.



### **Objetivo Económico**

Este tema, es importante ya que desde el aspecto económico y el punto de vista del cliente es fundamental para cualquier proyecto u obra. Este objetivo debe alcanzar los siguientes puntos:

- El equipo más económico.
- Que los equipos seleccionados sean lo más eficientes posible.
- Que los equipos tengan una adecuada relación costo-beneficio.
- Que los equipos brinden un ahorro de energía, respecto a los equipos actualmente instalados.

### **Objetivo Técnico**

A través de la psicrometría del aire y balances térmicos se pretende calcular las ganancias y pérdidas en cuanto a calor y humedad, de las áreas a acondicionar en el aeropuerto de Tampico. Para de esta manera ver la comparación entre lo instalado actualmente y lo requerido, proponiendo la solución técnica más apropiada a las necesidades del aeropuerto en cuestión. Para esta determinación tomamos en cuenta lo siguiente:

- Propiedades físicas, mecánicas y térmicas de los materiales de construcción.
- Variables psicrométricas tanto del exterior como del interior.
- Ubicación geográfica del lugar (aeropuerto de Tampico).
- Condiciones del diseño interior y exterior del proyecto.

### **Justificación**

Para sustentar el contenido de este trabajo se consideraron para su elección razones de mucha importancia.



Desarrollar el rediseño de la ingeniería en la instalación del sistema de operación actual del aire acondicionado del aeropuerto de la ciudad de Tampico. Para de esta forma evaluar y llegar a un diagnostico el cual determinara los aspectos generales que deben atenderse.

Con este trabajo a través de los resultados obtenidos y con la aplicación de la ingeniería se pudo observar la mala operación de algunos equipos existentes por el tiempo de uso y no llevar un adecuado mantenimiento periódicamente, también la falta de capacidad de enfriamiento de ciertas áreas dentro del aeropuerto, las cuales algunas no están acondicionadas, otras áreas son alimentadas con la capacidad de los equipos existentes para esas zonas con el inconveniente que sólo operan el 50%, por mal estado de los equipos y otras áreas son alimentadas con equipos existentes con baja capacidad de enfriamiento requerida por el área respectiva.

En conclusión, se observó que se presenta un déficit del 40% de la capacidad requerida de enfriamiento. Esta se manifiesta principalmente en las áreas de: planta baja del edificio terminal (50% de la capacidad requerida), pasillo de llegadas P.B (planta baja) y P.A (planta alta), y oficinas de planta baja del edificio de SUE (sala de última espera). Por otra parte, respecto a la cantidad de aire se tiene una inadecuada distribución de aire, llegando a tener un desabasto de hasta 50% de la capacidad requerida en algunas zonas del edificio terminal y de la SUE planta alta. De acuerdo al resultado de estos estudios realizados, se deben realizar los siguientes ajustes:

Cambiar algunos equipos dañados: Unidades Manejadoras de Aire y Unidades Condensadoras.

Zonificar la red de distribución de aire para algunas áreas sala de última espera y edificio terminal.

Reubicar los equipos existentes que puedan alimentar otras áreas de acuerdo a la capacidad de enfriamiento de los equipos.

Mejorar el funcionamiento de los equipos nuevos a implementar para un mejor ahorro de energía.



## CAPITULO 1. PRINCIPIOS GENERALES DEL AIRE ACONDICIONADO

### 1.1.- Leyes que rigen el comportamiento del aire

**1.1.1.- Primera ley de la termodinámica.** - La energía se conserva constante en todo el proceso si se toma en cuenta el calor, entendiendo por proceso el mecanismo mediante el cual un sistema cambia sus propiedades térmicas.

En resumen, podemos decir, que la formulación matemática de la primera ley de la termodinámica contiene tres fines:

- La existencia de una función de energía interna.
- El principio de la conservación de la energía.
- La definición de calor como energía en tránsito.

La energía no puede crearse ni destruirse. Las diferentes formas de energía son mutuamente convertibles, y la cantidad de una forma de energía que se requiere para producir otra cantidad de otra energía es fija e invariable.

**1.1.2.- Segunda Ley de la Termodinámica.** - Es imposible que una máquina, actuando por si sola y sin ayuda de un agente exterior, transporte calor de un cuerpo a otro que tenga mayor temperatura que el primero. Debido a esta ley también se tiene que el flujo espontáneo de calor siempre es unidireccional, desde los cuerpos de mayor temperatura hacia los de menor temperatura, hasta lograr un equilibrio térmico. Como se muestra en la figura 1.1.



Figura 1.1 Segunda ley de la termodinámica a través de un equipo térmico

Fuente: Manual de ABC de instalaciones

**1.1.3. Ley de Charles.** - Cuando un gas recibe calor a volumen constante, la presión absoluta varía en forma directamente proporcional a la temperatura.

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \frac{P_n}{T_n}$$

Dónde:

T es la temperatura absoluta.

P es la presión absoluta.

**Ley de Joule.** - Cuando un gas perfecto se expande sin realizar trabajo, su temperatura permanece inalterable, ya que su energía interna también se presenta inalterable. La energía interna de un gas perfecto es función solamente de la temperatura.

**Ley de Avogadro.** - Iguales volúmenes de cualquier gas, a la misma presión y temperatura, tienen el mismo número de partículas y por lo tanto el mismo número



de moléculas. Es decir, el volumen es directamente proporcional al número de moles.

**Ley de Gases Perfectos.** - Todo gas que obedezca la ley de Boyle, Charles, Joule y Avogadro se dicen que es un gas perfecto.

**Ley de Gibbs-Dalton.** - En una mezcla de gases o vapores cada gas o vapor ejerce la misma presión en el mismo espacio total, como si la ejerciera por sí solo, a la misma temperatura de la mezcla.

Cualquier mezcla de gases ejerce una presión total igual a la suma de las presiones parciales ejercidas independientemente por cada gas.

En el aire atmosférico existe una presión total igual a la presión atmosférica ( $P_b$ ), la cual es:

$$P_b = P_n + P_o + P_v = P_a + P_v + \dots$$

Dónde:

$P_n$  = Presión parcial del nitrógeno.

$P_o$  = Presión parcial del oxígeno.

$P_v$  = Presión parcial del vapor de agua.

$P_a$  = Presión parcial del aire seco.

## 1.2.- Composición del Aire Atmosférico

Antes de estudiar el sistema de acondicionamiento del aire, es importante y necesario conocer las características y propiedades del aire.

La atmósfera que rodea la tierra es una mezcla de gases. El aire está compuesto principalmente por nitrógeno, oxígeno y argón como se muestra en la tabla 1.1.

El resto de los componentes, entre los cuales se encuentran los gases de efecto invernadero, son vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, ozono, entre otros. En pequeñas cantidades pueden existir sustancias de otro tipo: polvo, polen, esporas y ceniza volcánica. También son detectables gases vertidos a la atmósfera en calidad de contaminantes, como cloro y sus compuestos, flúor, mercurio y compuestos de azufre. Estos datos se refieren al aire, pero estos datos pueden variar del 0 al 4%, como podemos ver en la tabla 1.2.



Elemento	Volumen en %	Peso en %
Nitrógeno	78.1	76.0
Oxígeno	20.9	23.1
Argón	1	0.9

Tabla 1.1 Composición del aire seco  
Fuente: Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración

El aire contiene por lo general:

Gases	%
Nitrógeno	78.03
Oxígeno	20.99
Argón	0.94
Bióxido de carbono	0.03
Hidrogeno, Xenón, Kriptón, etc.	0.01

Tabla 1.2 Composición del aire atmosférico  
Fuente: Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración

### 1.3.- Propiedades Psicrométricas

**1.3.1.- Calor específico  $C_p$ .**- El calor específico del aire no es constante, si no que depende de la temperatura. Para fines prácticos se utiliza los siguientes valores para:

- Calor específico a una presión constante.

$$C_p = 0.2416 \text{ ó } 0.244 \text{ BTU/lb}^\circ\text{F}$$

- Calor específico a un volumen constante.

$$C_v = 0.1714 \text{ BTU/lb}^\circ\text{F}$$



**1.3.2.- Peso específico W.**- Peso de la mezcla saturada 0.074239 lb/pie<sup>3</sup> (a 70°F y 29.92 pulgadas de Hg). A cualquier temperatura este valor también puede calcularse a través de la siguiente formula:

$$W = W_1 \frac{459.6 + T_1 * P}{459.6 + T * P_1}$$

W = Peso a T y P.

W<sub>1</sub> = Peso a T<sub>1</sub> y P<sub>1</sub>.

**1.3.3.- Volumen específico.** - El volumen específico es el recíproco del peso específico para una temperatura y presión de:

$$V = \frac{1}{W}$$

T= 70°F, P=29.92 pulgadas de Hg.

#### **1.4.- Psicrometría del Aire**

Psicrometría. - Se define como la medición del contenido de humedad del aire. Ampliando la definición a términos más técnicos, psicrometría es la ciencia que involucra las propiedades termodinámicas del aire húmedo, y el efecto de la humedad atmosférica sobre los materiales y el confort humano. Lo anterior, se puede llevar a cabo a través del uso de tablas psicrométricas o de la carta psicrométrica.

En las aplicaciones industriales se realiza un control de las propiedades termodinámicas del aire más estrictamente, debido a que existen requerimientos más especiales.

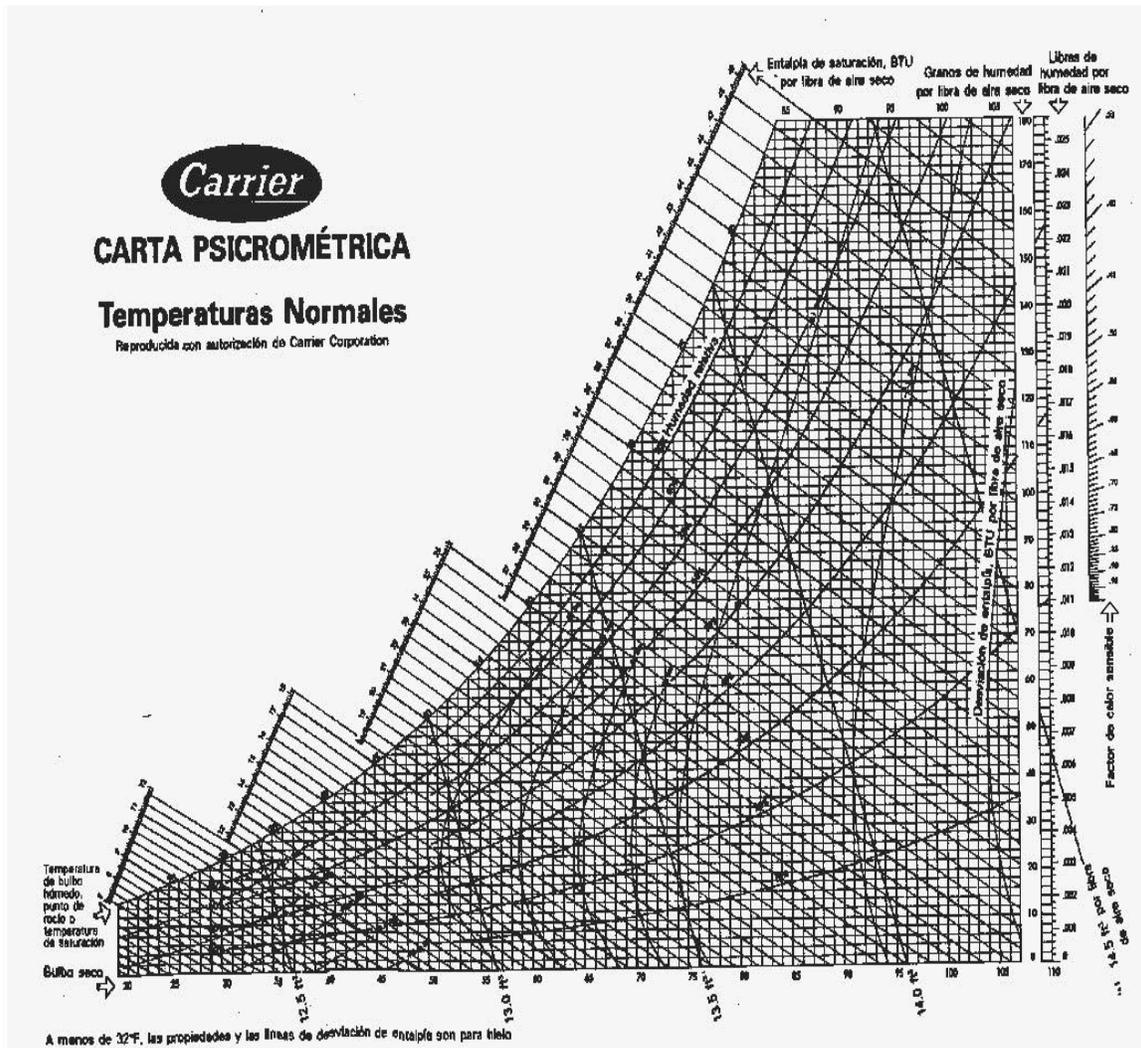
**1.4.1.- Carta Psicrométrica.** - Es la representación gráfica de las propiedades termodinámicas de la mezcla de aire seco y vapor de agua que constituyen el aire húmedo (atmosférico).



Las propiedades psicrométricas del aire han sido recopiladas a través de experimentos de laboratorio y de cálculos matemáticos, son la base para lo que conocemos como la carta psicrométrica.

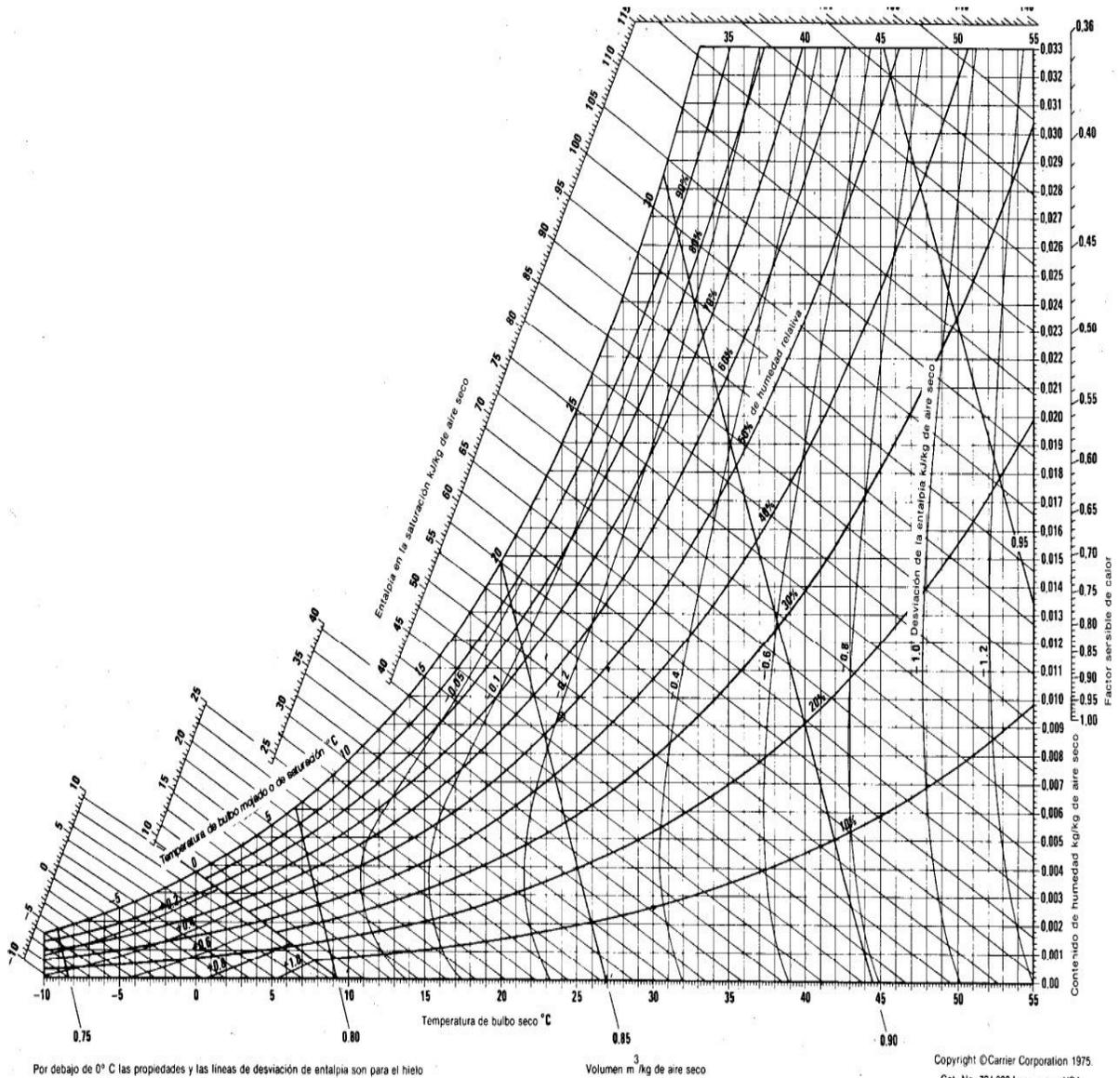
Aunque las tablas psicrométricas nos proporcionan valores más precisos, el uso de la carta psicrométrica puede ahorrarnos trabajo en cuanto a tiempo y cálculos matemáticos, en los casos donde no sea de mayor consecuencia la precisión.

La mayoría de las cartas psicrométricas se han hecho para la presión barométrica a nivel del mar,  $P_b = 29.92$  plg Hg (figura 1.3), sin embargo, hay cartas especiales para ciertos lugares específicos que se encuentran a diferentes altitudes, como la carta para 7,500 pies de altitud de la ciudad de México (figura 1.2). Todas tienen la misma función y la carta a usarse debe de seleccionarse para el rango de temperaturas y tipo de aplicación.



**Carta Psicrométrica- Carrier  
Para la Ciudad de México**

Figura 1.2



**Carta Psicrométrica – Carrier**  
**A nivel del Mar**  
Figura 1.3



En una carta psicrométrica se encuentran todas las propiedades del aire de las cuales las de mayor importancia son las siguientes:

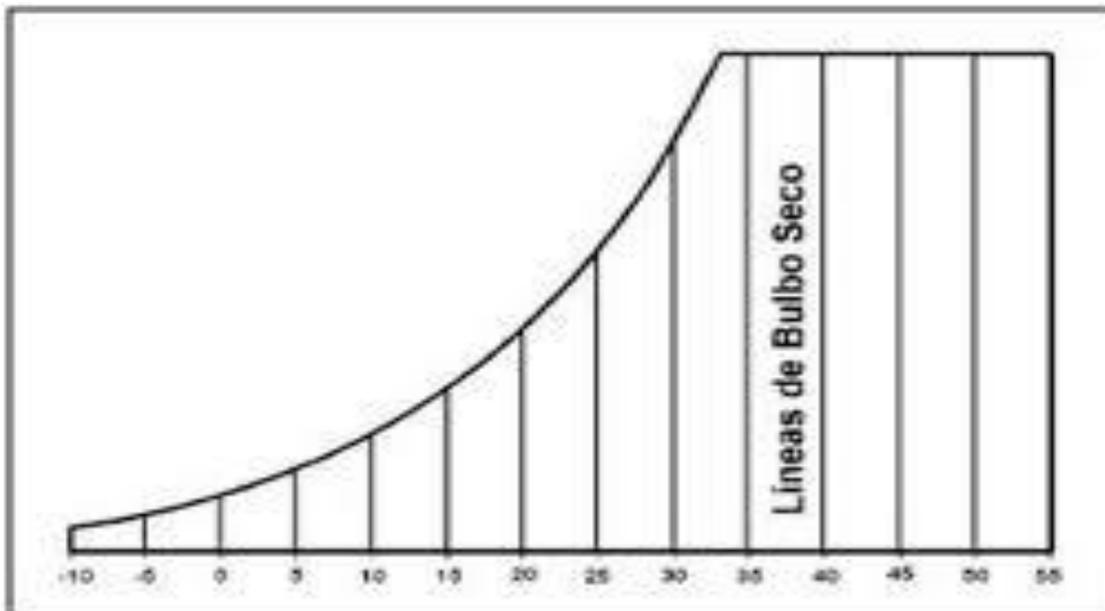
1. Temperatura de bulbo seco (Tbs).
2. Temperatura de bulbo húmedo (Tbh).
3. Temperatura de rocío (Tw).
4. Humedad relativa (Hr).
5. Humedad específica (We).
6. Entalpía (h).
7. Volumen específico (Ve).

Cuando se conocen dos de estas propiedades, las demás se encuentran con facilidad.

**1.- Temperatura de Bulbo Seco.** - Es la temperatura del aire medida con un termómetro ordinario. Esta escala es la abscisa, en la parte baja de la carta.

Las líneas que se extienden verticalmente, desde la parte baja hasta la parte alta de la carta, se llaman líneas de temperatura de bulbo seco constantes como se muestra en la figura 1.4 y son constantes, porque cualquier punto a lo largo de una de estas líneas, corresponde a la misma temperatura de bulbo seco indicada en la escala de la parte baja.

Las palabras de temperatura y temperatura de bulbo seco se emplean para designar lo mismo tratándose del aire.



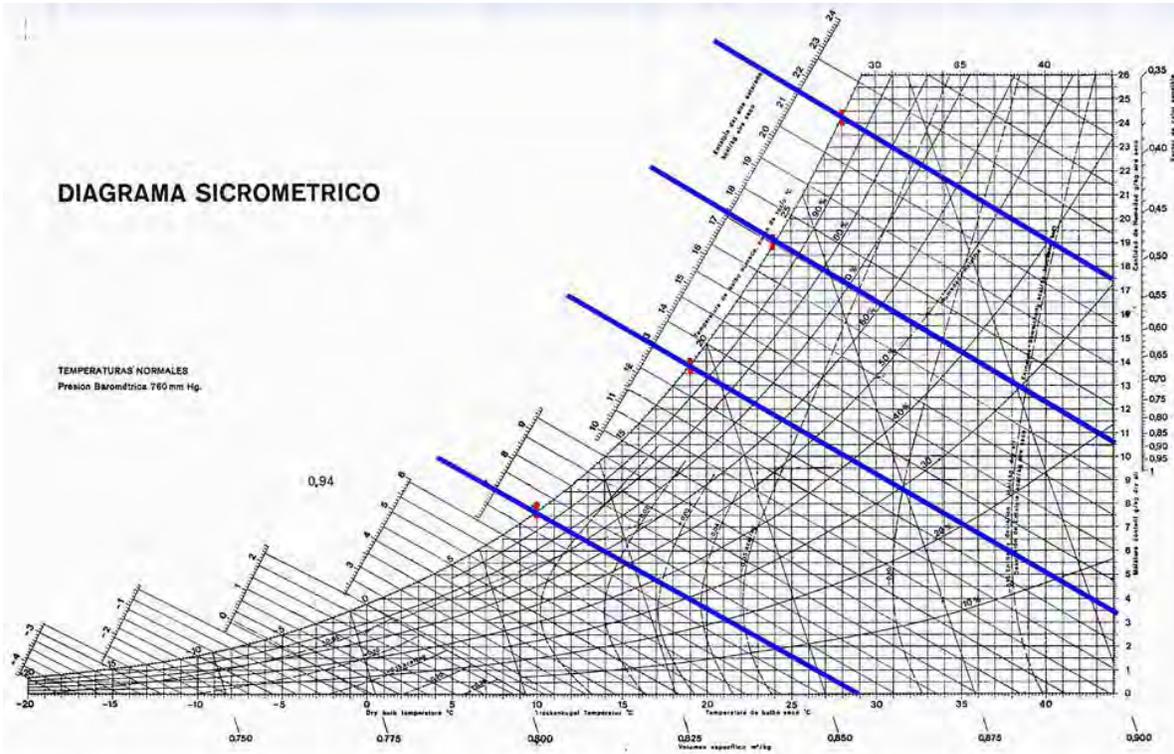
Líneas de temperatura de bulbo seco. Fuente: (Hernández Goribar 1997)

Figura 1.4



**2.- Temperatura de Bulbo Húmedo.** - Es la temperatura que indica un termómetro cuyo bulbo está envuelto en una mecha empapada de agua, en el seno de aire de rápido movimiento, representa la segunda propiedad del aire de nuestra carta psicrométrica.

La escala de temperaturas de bulbo húmedo, es la que se encuentra del lado superior izquierdo, en la parte curva de la carta psicrométrica como se muestra en la figura 1.5.



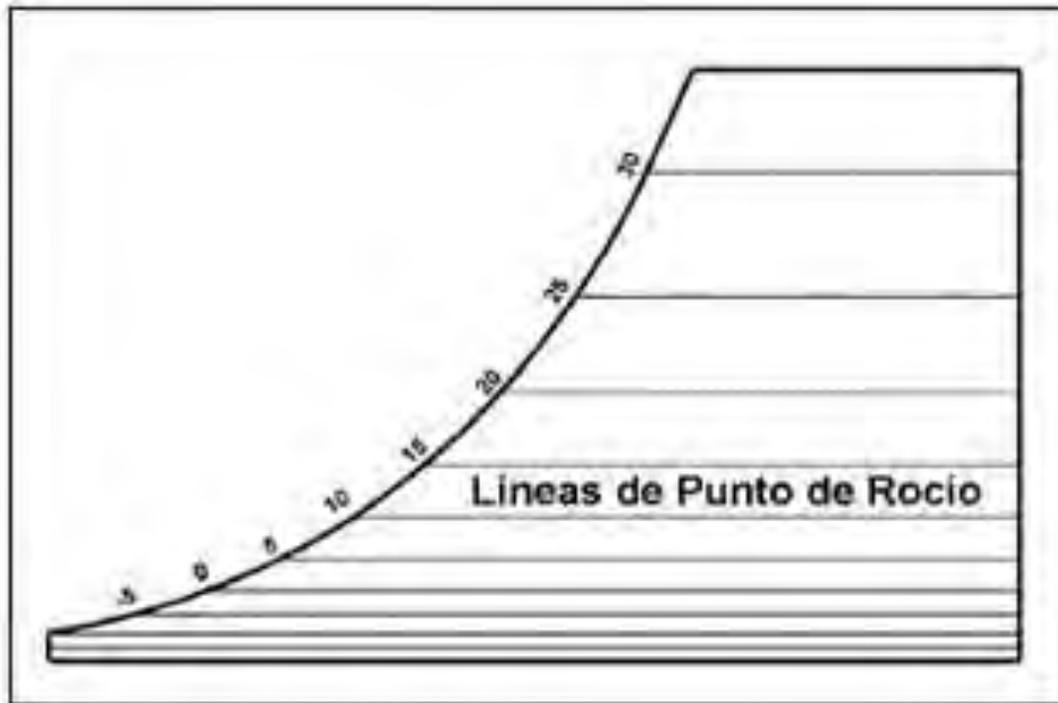
Líneas de temperatura de bulbo húmedo constante

Fuente: (Hernández Goribar 1997)

Figura 1.5

**3.- Temperatura del Punto de Rocío.** - Es la temperatura a la cual el vapor de agua en el aire se comienza a condensar si se enfría el aire a presión constante.

La escala para las temperaturas de punto de rocío es idéntica que la escala para las temperaturas de bulbo húmedo; es decir, es la misma escala para ambas propiedades. Sin embargo, las líneas de la temperatura de punto de rocío, corren horizontalmente de izquierda a derecha, como se ilustra en la figura 1.6.



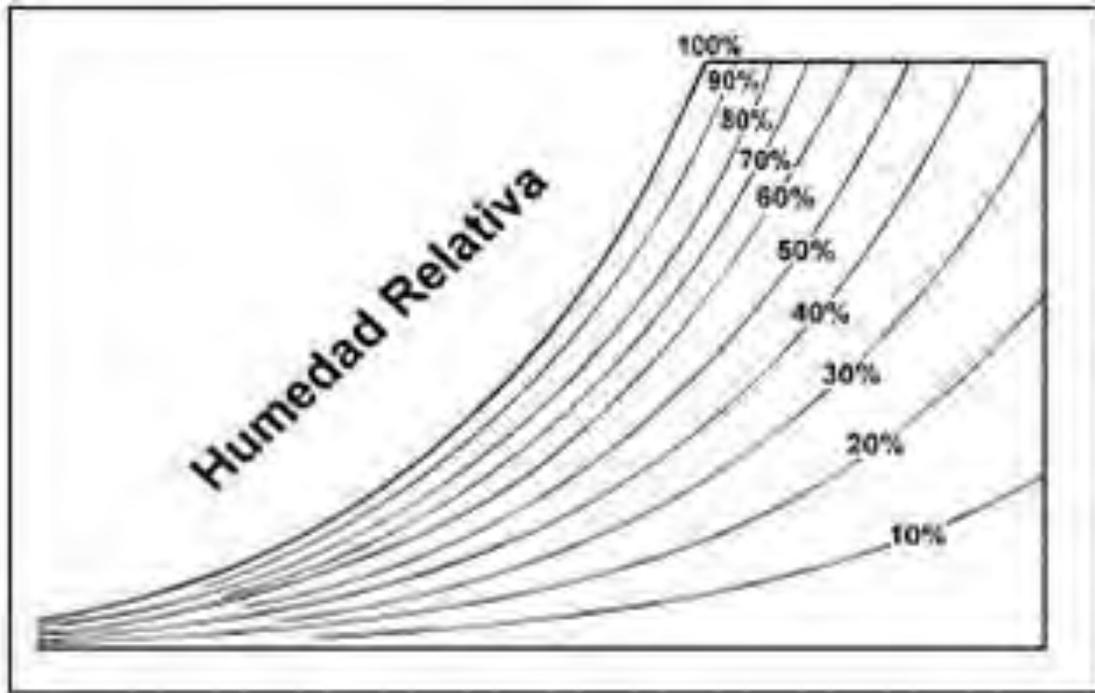
Temperatura de Punto de Rocío. Fuente:(Hernández Goribar 1997)

Figura 1.6

**4.- Humedad Relativa.** - Es la relación de presión real de vapor de agua en el aire con la presión de vapor de agua, si el aire estuviera saturado a la misma temperatura de bulbo seco. En una carta psicrométrica, las líneas de humedad relativa constante, son las líneas curvas que se extienden hacia arriba y hacia la derecha. Se expresan siempre en porciento, y este valor se indica sobre cada línea.

Puesto que la única condición donde la temperatura de bulbo húmedo y el punto de rocío, son la misma, es en condiciones de saturación; esta línea curva exterior, representa una condición de saturación o del 100% de humedad relativa. Por lo tanto, la línea de 100% de humedad relativa, es la misma que la escala de temperaturas de bulbo húmedo y de punto de rocío.

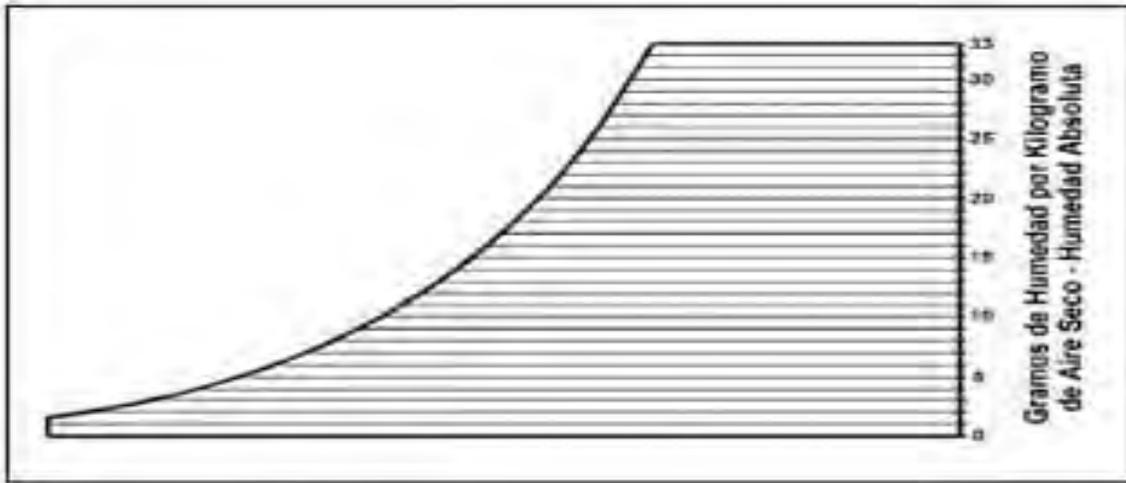
Las líneas de humedad relativa, constante, disminuyen en valor al alejarse de la línea de saturación hacia abajo y hacia la derecha, como se ilustra en la figura 1.7.



Líneas Curvas de Humedad Relativa. Fuente:(Hernández Goribar 1997)

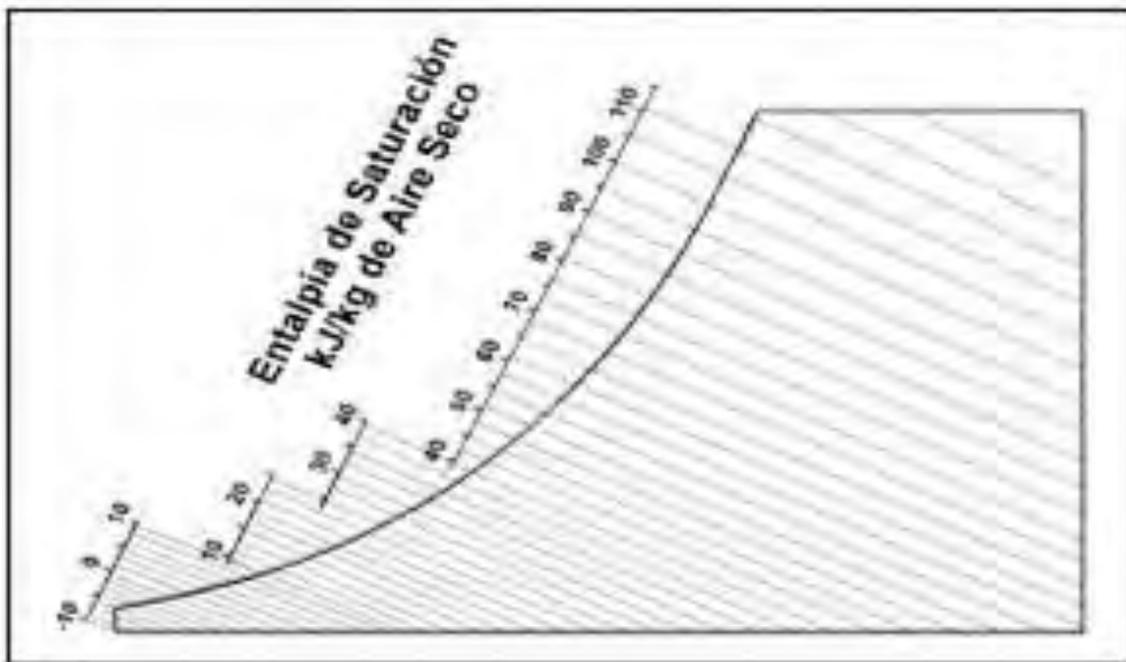
Figura 1.7

**5.- Humedad Específica.** - Es el peso real de vapor de agua en el aire. La escala de la humedad específica o absoluta, es la escala vertical (ordenada) que se encuentra al lado derecho de la carta psicrométrica, como se indica en la figura 1.8. Las líneas de humedad absoluta, corren horizontalmente de derecha a izquierda, y son paralelas a las líneas de punto de rocío y coinciden con éstas. Así pues, podemos ver que la cantidad de humedad en el aire, depende del punto de rocío del aire.



Líneas de Humedad Especifica o Absoluta. Fuente:(Hernández Goribar 1997)  
Figura 1.8

**6.- Entalpia.** - Es el contenido de calor del aire por unidad de peso. Estas líneas, son meramente extensiones de las líneas de bulbo húmedo como se ve en figura 1.9; puesto que el calor total del aire, depende de la temperatura de bulbo húmedo.



Líneas de entalpia en KJ/Kg de Aire Seco. Fuente:(Hernández Goribar 1997)  
Figura 1.9



**7.- Volumen Específico.** - Estas líneas están en un ángulo aproximado de  $60^\circ$  con la horizontal, y van aumentando de valor de izquierda a derecha. Por lo general, el espacio entre cada línea, representa un cambio de volumen específico de  $0.05 \text{ m}^3/\text{kg}$ . Cualquier punto que caiga entre dos de estas líneas, naturalmente debe ser un valor estimado.

Si se desea saber la densidad del aire a cualquier condición, como ya sabemos, se debe dividir uno entre el volumen específico, puesto que la densidad es la inversa del volumen específico y viceversa. Debido a que la mayoría de los cálculos en trabajos de aire acondicionado, se basan en el peso del aire en lugar del volumen de aire, se recomienda el uso del volumen específico ( $\text{m}^3/\text{kg}$  de aire) en vez de la densidad ( $\text{kg}/\text{m}^3$  de aire).

**1.4.2.- Procesos Psicrometricos.-** Para mantener una vivienda o una construcción industrial a la temperatura y humedad deseada son necesarios algunos procesos llamados psicrométricos. Estos procesos incluyen calentamiento simple (elevar temperatura), el enfriamiento simple (reducir la temperatura), la humidificación (agregar humedad) y la deshumidificación (eliminar humedad). Algunas veces dos o más de estos procesos son necesarios para llevar el aire a nivel de temperatura y humedad que se desea.

- Humidificación. - Proceso mediante el cual se aumenta la humedad específica y la cantidad de calor en el aire. En algunos procesos la humedad específica se aumenta agregando agua, que se absorbe en forma de vapor.
- Calentamiento y Humidificación. - Cuando el aire pasa a través de un humidificador el aire se humidifica y puede calentarse, enfriarse o mantenerse a la misma temperatura. Durante este proceso el aire incrementa su humedad específica y su 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.
- Calentamiento. - Dicho proceso actuará en la dirección del aumento de temperatura de bulbo seco siguiendo una línea de humedad específica constante en la carta psicrométrica la cual aparece como una línea horizontal. La humedad relativa del aire disminuye, esto se debe a que la humedad relativa es la relación entre el contenido de humedad y la capacidad de humedad del aire a la misma temperatura.



- Calentamiento y Deshumidificación. - Este proceso se puede realizar pasando el aire por un absorbente sólido o a través de un líquido absorbente. En ambos casos el absorbente tendrá una presión de agua menor a la del aire. La humedad se condensa fuera del aire en consecuencia el calor latente se libera y aumenta el calor sensible del aire. Si 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 llama calor de absorción.
- Deshumidificación. - Es necesaria muy a menudo en procesos de aire acondicionado o en procesos industriales. La humedad puede removerse por absorción en líquidos o en sólidos o enfriamientos por debajo del punto de rocío. Los cambios de entalpia para este proceso no producen cambios de calor sensible, teniéndose solamente cambio de calor latente.
- Enfriamiento y deshumidificación. - Si el aire pasa a través de un rociador de agua o a través de una superficie cuya temperatura sea menor que el punto de rocío del aire, se condensará parte de la humedad del aire y la mezcla se enfriará simultáneamente. Parte del aire que está en contacto con la superficie reduce su temperatura hasta la temperatura media de la superficie con condensación y consecuente deshumidificación, el aire que no está en contacto con la superficie finalmente se enfriará al mezclarse con el aire que si tuvo contacto.
- Enfriamiento. - El aire baja su temperatura en este proceso. Se supone que la temperatura de bulbo seco de la superficie tiene un valor o menor que la temperatura de rocío. Por lo tanto, la humedad específica se mantiene constante y no llegará a la condensación.
- Enfriamiento y Humidificación. - Siempre que el aire saturado pasa a través de un aspersor de agua, la humedad específica aumenta y la temperatura de bulbo seco baja. Esto constituye el proceso de saturación adiabática que es un proceso a bulbo húmedo y entalpia constante. También puede suceder que el agua este a una temperatura menor que a la de bulbo húmedo pero mayor que la del punto de rocío entonces el proceso enfría y humidifica simultáneamente. El aspersor de agua tendrá que ser de recirculación continua para que se establezca el equilibrio.



**1.4.3.- Acondicionamiento de Aire.** - Se define el acondicionamiento del aire como el proceso de tratar el aire, de tal manera que se controle simultáneamente su temperatura, humedad, limpieza y distribución, para que cumpla con los requisitos del espacio acondicionado.

Se puede establecer que la misión del aire acondicionado es la realización de determinadas funciones, destinadas a proporcionar durante todo el año, el confort térmico y la calidad del aire interior para la vida de las personas o el mejoramiento de los diferentes procesos industriales. Como se indica en la definición, las acciones importantes involucradas en la operación de un sistema de aire acondicionado son:

1. Control de la temperatura.
2. Control de la humedad.
3. Filtración, limpieza y purificación del aire.
4. Circulación y movimiento del aire.

Estos procesos deben realizarse:

- Automáticamente.
- Sin ruidos molestos.
- Con el menor consumo energético.
- Sin producir contaminación del medio ambiente.

**Zona de Confort.** - El ser humano estará confortable bajo una variedad de combinaciones de temperatura y humedad. La mayoría de la gente está confortable en una atmósfera con una humedad relativa de entre 30% y 70%, y una temperatura entre 21°C y 29°C. Estos puntos están representados por el área resaltada en la carta psicrométrica. Dicha área se conoce como zona de confort. Un sistema de aire acondicionado, debe modificar las condiciones existentes, utilizando diferentes procesos para lograr las condiciones deseadas.

Estos procesos pueden modelarse sobre la carta psicrométrica. En el interior, es posible controlar completamente los factores que determinan el confort en un espacio encerrado.

Hay una relación definida entre confort y las condiciones de temperatura, humedad y movimiento del aire.



## 1.5.- Balance Térmico

El Balance Térmico es el conjunto de cálculos que nos permitirá determinar las características del sistema de aire acondicionado necesario.

A la hora de realizar un balance térmico del ambiente a climatizar hay que tener en cuenta varios factores, como que ambiente se va a climatizar, si da el sol, si tenemos vidrios, (ya que la energía que penetra de los vidrios es absorbida por los pisos, paredes, objetos y techos elevando la temperatura ambiente), cuantas personas se encuentran en el ambiente, materiales con los que están construidos paredes y techos, cantidad y tipo de iluminación, maquinarias eléctricas, cocinas.

**Objetivo del balance térmico.** - El objeto de una instalación de aire acondicionado es mantener un cierto espacio en condiciones particulares, diferentes de las exteriores. Para mantener esas condiciones será necesario un intercambio energético, realizado por medio de un equipo acondicionador, que agregará o extraerá calor del ambiente.

**Calculo de la Carga Térmica en verano:** Un día determinado en el cuál se alcanzan las condiciones más desfavorables se les denomina “día de proyecto”, en el cual ocurren simultáneamente los siguientes factores:

1. La temperatura de bulbo seco y húmedo alcanzan un valor máximo simultáneamente.
2. La radiación solar es máxima.
3. Todas las cargas internas están en funcionamiento.

En un espacio a refrigerar, la cantidad de calor que debe removerse con el equipo de refrigeración, se le denomina “carga de refrigeración”, y se debe a los principales factores:

**1.5.1. Cálculo de coeficiente de transmisión.** - La ganancia de calor generado por la transmisión a través de barreras que pueda haber en un recinto, tales como paredes, ventanas, puertas, techos, particiones y pisos se pueden calcular a partir de la siguiente expresión:

$$Q= U \cdot A \cdot (\Delta T)$$

La  $\Delta T$ , es el resultado de la diferencia de temperaturas entre la  $T^\circ$  exterior y la  $T^\circ$  interior.



Coeficiente de Transmisión de Calor “U”, es el flujo de calor por grado de temperatura entre dos ambientes isotermos y por unidad de superficie de una de las caras, dado que separa ambos ambientes como se puede apreciar en la figura 1.10.

El factor “U” como se le denomina comúnmente, es el coeficiente de transferencia de calor resultante después de tener en cuenta la conductividad térmica y la conductancia de la capa superficial, sus unidades son: (SI) watts/ hr x m<sup>2</sup> de área x diferencia de temperatura en °C o (Sistema métrico) Kcal. / hr. x m<sup>2</sup> de área x diferencia de temperatura en °C o (Sistema inglés) BTU/ hr x pie<sup>2</sup> de área x diferencia de temperatura en °F.

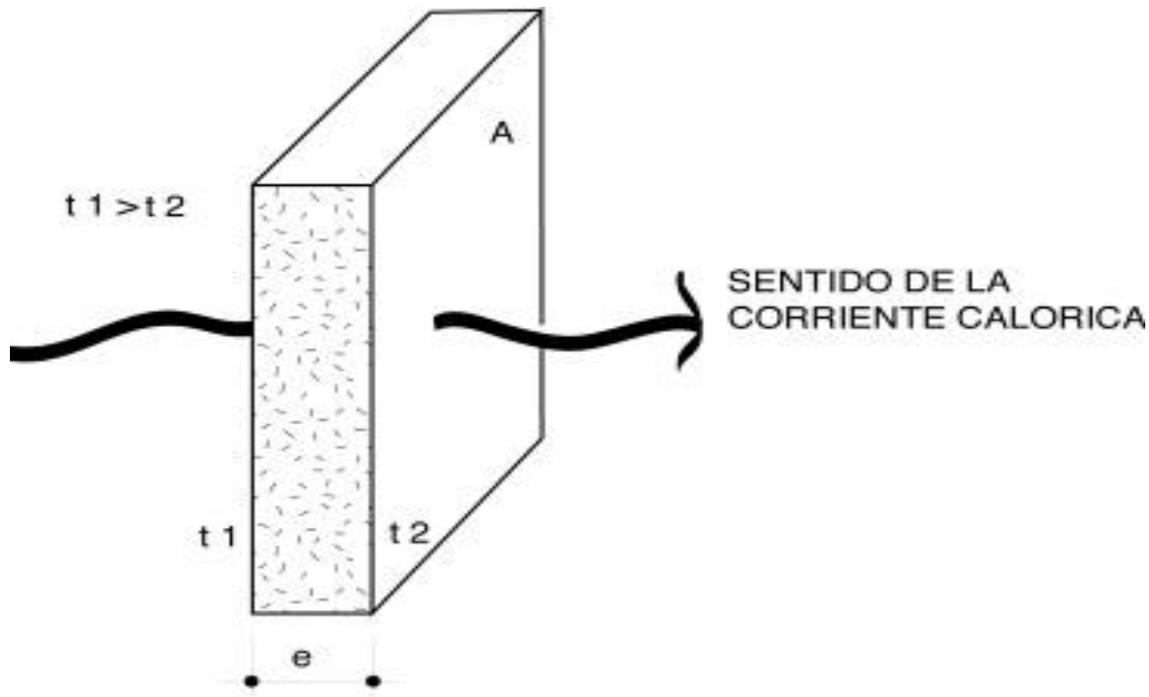


Figura 1.10

Fuente: Manual Carrier air conditioned

También puede decirse que el recíproco del coeficiente de transmisión es la resistencia del flujo de calor que oponen por un lado los diferentes materiales del cual está compuesta dicha barrera. Normalmente se aplica a estructuras compuestas, tales como paredes, techos y tejados.



Para calcular el factor “U”, se encuentra primero la resistencia total y después su recíproco. Para este cálculo debemos de saber con qué materiales se va a construir las paredes, techos, tejados, su espesor, la conductancia de los mismos, la velocidad del viento exterior y el movimiento del aire interior.

Para esto existe una tabla de los materiales (Ver Tabla 1.3) de los cuales se conocerán sus coeficientes de transmisión “U”, conductividad “K” y convección “f”; por lo tanto para calcular “U”, usaremos la siguiente expresión.

Coeficientes de Conductividad Térmica de Diversos Materiales			
	Kg./m <sup>2</sup>	K w/m <sup>2</sup> °C	K w/m <sup>2</sup> °C
Hule espuma	20	0.4	
Perlita	65	0.4	
Poliestireno, placa	15	0.4	
Poliuretano, espuma	30	0.03	
Poliuretano, placa rígida	30	0.02	
Vermiculita	100	0.07	
<b>Varios Materiales</b>			
Vidrio	2600	1.16	
Triplay	530	0.14	
Viruta prensada	400	0.16	
Madera de encino, seco, 90° de la fibra	950	0.16	
Madera de pino blanco, seco, 90° de la fibra	600	0.14	
Madera de pino blanco, expuesto a la lluvia	650	0.21	
Asfalto para fundir	2100	0.81	
Asfalto bituminoso	1050	0.17	
Linóleo, seco		0.19	
Algodón, seco		0.05	
Lana pura, seco		0.05	
Cáscara de semilla de algodón, suelta, seca		0.06	
Espacio de AIRE en cualquier posición	1.2	5.50	
Agua	1000	0.58	
Acero y fierro	7800	52.34	
Cobre	8900	372.16	
Acero inoxidable	7800	46.52	



Aluminio	2675	210.74	
Bronce	1000	63.97	
Hierro galvanizado	1500	46.52	
Plata		407.05	
Plomo		33.96	
Zinc		110.02	
<b>Acabados</b>			
Azulejos y mosaicos	2000	1.05	
Aplanado con mortero de cemento al exterior	2000	0.87	
Aplanado con mortero de cal al interior	1500	0.70	
Terrazos y pisos de mortero de cemento	2000	1.74	
Yeso	1500	0.70	
Mortero con vermiculita	500	0.18	
Encalado	1800	0.81	
Tablaroca (yeso-cartón)	950	0.16	
Linóleo	1200	0.19	
Cloruro de polivinilo expandido	25	0.04	
Plexigas	1200	0.20	
<b>Coefficientes de Transmisión Pisos</b>			
Piso o basamento (invierno-verano)			0.28
<b>Puertas</b>			
De acero en exteriores			6.40
De acero en interiores			3.49
De madera maciza de 2 a 6.5 cm.			2.91
De madera de tambor			1.86
<b>Ventanas y tragaluces</b>			
Sencillos 6 mm Cs 0.94			6.40
Dobles 6 mm c/u Cs 0.80			3.49
Triples 6 mm c/u Cs 0.81			1.63
Blok de cristal de 20x20x10	2000		
Al exterior			2.79
Al interior			2.33
<b>Coefficientes de Convección (f)</b>			
Superficie al aire exterior (fe) Velocidad del viento 12Km/h o menos (3.33m/seg o menos)			23.3
Velocidad del viento 18Km/h o menos (5.0m/seg o menos)			29.1



Velocidad del viento 24Km/h o menos (6.67m/seg o menos)			34.9
Superficie vertical interior (fi)			9.3
Superficie horizontal interior (fi) Flujo hacia abajo			7.0
Superficie horizontal interior (fi) Flujo hacia arriba			10.5

Tabla 1.3 coeficientes de conductividad térmica

Fuente: Fundamental ASHRAE 1998

El valor del coeficiente de transmisión se calcula con la siguiente expresión:

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{\frac{1}{f_i} + \frac{1}{f_e} + \frac{1}{a} + \frac{E_1}{K_1} + \frac{E_2}{K_2} + \frac{E_3}{K_3} + \dots} = \frac{W}{m^2}$$

Dónde:

**R** = Resistencia del elemento.

**fi** = Coeficiente de convección al interior en  $w/m^2 \text{ } ^\circ C$  (película de aire interior)

**fe** = Coeficiente de convección al exterior en  $w/m^2 \text{ } ^\circ C$  (película de aire exterior)

**a** = Coeficiente de transmisión de calor del aire por convección, como uso de, cámara de aire en espacios verticales y horizontales.

**K 1..K 3** = Coeficientes de conductividad térmica de los materiales en  $wm/^\circ C$   $m^2$  y un metro de espesor.

**E1..E3** = Espesores de los materiales en metros.

**1.5.2. Factor de Ganancia Solar.** - El calor del sol que llega a la tierra a través de la atmosfera se le conoce como radiación directa y el calor que se dispersa se llama radiación del cielo.

En forma general el coeficiente o factor de ganancia solar es la cantidad de calor expresada en porcentaje que llega a la parte exterior de una ventana que pasa al interior de la casa, también es un indicador importante de la capacidad de la ventana de bloquear la transferencia de calor en un edificio.



El calor que se gana en un espacio o recinto a través de los cristales depende de los siguientes parámetros:

- Latitud del lugar
- Orientación de los cristales
- Claridad de la atmosfera
- Tipo de cristal usado
- Dispositivo para sombrear

En las tablas que se muestran en el anexo I-1 podemos ver que en esta se encuentra el calor transmitido a los espacios a través de los cristales por el efecto solar, de acuerdo con la latitud y orientación, los valores considerados en las tablas es del 85% de área de cristal de la ventana.

En el caso que la estructura de la ventana sea de hierro o lámina se multiplicara por un factor de 1.17.

**1.5.3. Transmisión de calor en Muros, Losas y Ventanas.** - La cual es debida a la transmisión de las barreras que puedan haber, tales como paredes, ventanas, puertas, techos, particiones y pisos, que es ocasionada por la diferencia de temperaturas entre los dos lados de la barrera.

La ganancia de calor a través de barreras se calcula con la siguiente formula:

$$Q1= U*A* (Te- Ti)$$

Q1= Carga de calor en Btu/h.

U= Coeficiente de transmisión de calor Btu/h-pie<sup>2</sup>-°F.

A= Área neta en pies<sup>2</sup>.

Te= Temperatura de diseño exterior en °F.

Ti= Temperatura de diseño interior en °F.

Por lo general la temperatura interior de diseño se considera entre el rango de temperatura de 70°Fy 80°F, en aire acondicionado y la temperatura exterior de diseño se selecciona de tablas según el lugar, el cual tiene por lo general su máximo a las 16:00 horas.



**1.5.4. Condiciones de Diseño.** - Para el cálculo de la carga térmica de acondicionamiento de aire para un espacio, debemos considerar los siguientes puntos:

- Características del tipo de edificación. - El Ingeniero o técnico debe obtener toda la información de la construcción del edificio como: materiales de construcción, tamaño de los componentes, colores externos de fuentes y formas, que son normalmente determinados a partir de los planos de la edificación y especificaciones.
- Localización del lugar. - Se debe determinar la ubicación, orientación y sombra externa de la edificación a partir de los planos y especificaciones. Las sombras de edificaciones adyacentes pueden ser determinadas por un plano del sitio o visitando el sitio propuesto. Su permanencia probable debe ser cuidadosamente evaluada de ser incluida en los cálculos. Así como el día de mayor aportación solar dependerá fundamentalmente de la orientación del lugar.
- Rutina de operación. - El diseñador también se basará en la rutina de iluminación, ocupantes, equipo interno, aplicaciones y procesos que contribuyan a incrementar la carga térmica interna. Determinando la probabilidad de que el equipo de refrigeración sea operado continuamente o apagado durante períodos de no ocupación (ejemplo: noches y/o fines de semana).
- Fecha y Tiempo. - Se selecciona el tiempo del día y el mes para realizar los cálculos de la carga de enfriamiento. Frecuentemente varias horas del día y varios meses son requeridos.
- Consideraciones Adicionales. - El diseño y el tamaño de los sistemas de aire acondicionado central requieren más que el cálculo de la carga de enfriamiento en el espacio a ser acondicionado.  
El tipo de sistema de acondicionamiento de aire, energía de ventilación, ubicación del ventilador, pérdida de calor de los ductos y ganancia, filtración de los ductos, sistemas de iluminación por extracción de calor y tipo de sistema de retorno de aire, afectan la carga del sistema y el tamaño de los componentes.

**1.5.5. Ganancia de Carga Térmica por personas.** - En el cuerpo humano se producen unas transformaciones exotérmicas cuya intensidad es variable según el individuo y la actividad desarrollada, la temperatura interior más favorable a estas transformaciones es de 37°C. El cuerpo humano es capaz de mantener esta



temperatura dentro de variaciones bastante amplias de la temperatura ambiente, gracias a la facultad de expulsar hacia el exterior una cantidad más o menos importantes del calor desarrollado.

Este calor se disipa:

1. Hacia las paredes del local por radiación.
2. Hacia el aire ambiente por convección.
3. Hacia el aire ambiente por evaporación.

Las personas que ocupan un lugar acondicionado producen una gran cantidad de calor dependiendo de la temperatura interior y el grado de actividad física o mental que estén realizando, ver tabla 1.4.

La carga total aportada será el producto del número de personas en el local por el calor que disipa cada persona.

Las ganancias de calor pueden dividirse en:

- I. Ganancia de calor sensible.
- II. Ganancia de calor latente.



**GANACIA DE CALOR DEBIDO A PERSONAS**

Grados de Actividad	Aplicación Típica	Promedio Metabólico (Hombre Adulto) Btu/h	Promedio Metabólico Ajustado* Btu/h	TEMPERATURA BULBO SECO DE HABITACIÓN									
				82 F		80 F		76 F		75 F		70 F	
				Btu/h		Btu/h		Btu/h		Btu/h		Btu/h	
				Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente	Sensible	Latente
Sentado en Descanso	Teatro y escuela primaria	390	350	175	175	195	155	210	140	230	120	260	90
Sentado, muy ligero trabajo	Escuela Secundaria	450	400	180	220	195	205	215	185	240	160	275	125
Trabajo de Oficina	Oficinas, Hoteles, Apartamentos de Universidad	475	450	180	170	200	250	215	235	245	205	285	165
De Pie, Caminado lento	Mini markets, Tiendas de Variedad	550											
Camianado, y sentado	Farmacias	550	500	180	320	200	300	220	280	255	245	290	210
De Pie, Caminado lento	Bancos	550											
Trabajo Sedentario	Restaurantes†	500	550	190	360	220	330	245	310	280	270	320	230
Trabajo de Mesa suave	Fábricas, trabajo liviano	800	750	190	560	220	530	245	505	295	455	365	385
Baile Moderado	Pista de Baile	900	850	220	630	245	605	275	575	325	525	400	450
Caminando, 3 millas por hora	Fábricas, solo trabajo pesado	1000	1000	270	730	300	700	330	670	380	620	460	540
Trabajo Pesado	Pista de Bolos‡, Fábricas	1500	1450	450	1000	465	985	485	965	525	925	605	845

\* Promedio Metabólico Ajustado para ser aplicado a grupos mixtos de personas con un compuesto típico de porcentaje basado en los siguientes factores:

Promedio Metabólico de Mujeres=Promedio Metabólico de Hombres x 0.85  
 Promedio Metabólico de Niños=Promedio Metabólico de Hombres x 0.75

†Restaurantes - El valor de esta aplicación incluye 60 Btu/h por porción de comida individual (30 Btu/h sensible y 30 Btu/h por latente)

‡ Bowling - Asume una persona por pista jugando bolos y todos los demás sentados, promedio metabólico 400 Btu/h o depie 550 Btu/h

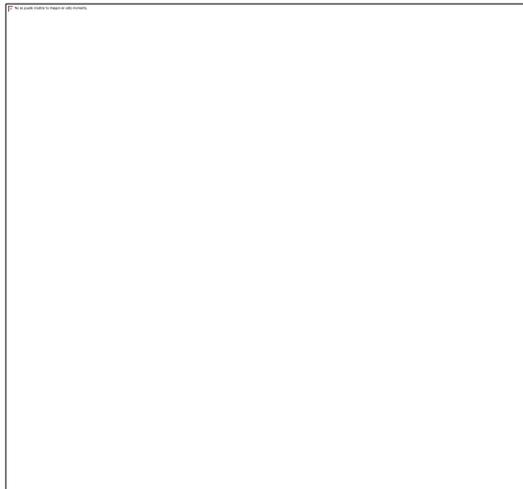
**Tabla 1.4 Calor producido por las personas**  
 Fuente: Manual Carrier air conditioned

**1.5.6.- Ganancia de Carga Térmica por iluminación.** - El alumbrado constituye una fuente de calor sensible. Este calor se transmite por radiación, convección y conducción, pudiéndose evaluar las cargas totales en función del alumbrado.

Las lámparas de incandescencia transforman en luz un 10% de la energía absorbida, mientras que el resto de la energía se transforma en calor, el cual se disipa por convección, radiación y conducción. Solo un 80% de la potencia absorbida se disipa por radiación y el 10% restante por convección y conducción. Como puede observarse en la tabla 1.5.



Los tubos fluorescentes transforman un 25% de la energía absorbida en luz, mientras que el otro 25% de la energía absorbida se disipa por radiación hacia las paredes que rodean el local y el resto es por conducción y convección. Hay que considerar que el calor emitido por la reactancia o resistencia limitadora que representa un 25% de la energía absorbida por la lámpara.



Fluorescente



Incandescente

Figura 1.11 Fuente: (Phillips 2010)

TIPO	GANANCIAS SENSIBLES (Kcal/h)
Fluorescente	Potencia Útil vatios X 1.25* X 0.86
Incandescente	Potencia Útil vatios X 0.86

Tabla 1.5  
Fuente: Manual Carrier air conditioned.

\* Este 25% suplementario corresponde a la potencia absorbida en la resistencia reguladora.



La ecuación para calcular la ganancia de calor debida al alumbrado es:

$$Q = 3.4 \times W \times FB \times FCE$$

Q = Ganancia neta de calor debida al alumbrado, Btu/h.

W = Capacidad de alumbrado, watts.

FB = Factor de balastra.

FCE = Factor de carga de enfriamiento para el alumbrado.

**1.5.7.- Ganancia de Carga Térmica por Equipos.** - La ganancia de calor debido a los equipos pueden ser calculados consultando con el fabricante o de acuerdo a los datos de placa del equipo seleccionado tomando en cuenta si su uso es intermitente.

La mayor parte de los aparatos son a la vez fuentes de calor sensible y latente. Los aparatos eléctricos solo emiten calor latente en función de su utilización, mientras que los aparatos de gas por la combustión producen calor latente suplementario. Estas ganancias de calor están indicadas en la tabla 1.6.

**Calor Sensible.-** Es aquel que recibe un cuerpo o un objeto y hace que aumente su temperatura sin afectar su estructura molecular y por lo tanto su estado.

**Calor Latente.** - Se define como la cantidad de calor que necesita una sustancia para pasar del estado sólido a líquido o de líquido a gas sin cambio de temperatura.



**GANACIA DE CALOR PARA APLICACIONES VARIADAS**

\* sin campanas

Aplicaciones	Tipo de Control	Datos Varios	Clasificación Máxima Btu/h	Ganacia de Calor Recomendada		
				Calor Sensible BTU/HR	Calor Latente BTU/HR	Calor Total BTU/HR
<b>ELECTRIC</b>						
Secadora de Cabello, Ventilador, 115 voltios AC	Manual	Ventilador 165 W (Bajo 915 W, Alto 1580 W)	5370	2300	400	2700
Secadora de Cabello, 6.5 amps, 115 voltios AC	Manual	Ventilador 80 W (Bajo 300 W, Alto 710 W)	2400	1870	330	2200
Máquina para Permanente	Manual	60 Calentadores con 25 Watts cada uno, 36 en uso normal	5100	850	150	1000
Instrumento de Presurización Lavadoras y esterilizador		11"x11"x22"		12000	23460	35460
Señal Neon, por tubos lineales		1/2" afuera en el día 3/8" afuea en el día		30 60		30 60
Frazada de Calefacción		18" x 30" x 72" 18" x 24" x 72"		1200 1050	300 2400	4200 3450
Esterilizador de Vestimenta	Automático	16" x 24" 20" x 36"		9400 23300	8700 2400	18300 47300
Esterilizador, Rectangula, bulto	Automático	24" x 24" x 36"		34800	21000	55800
		24" x 24" x 48"		41700	27000	68700
		24" x 36" x 48"		56200	36000	92200
		24" x 36" x 60"		68500	45000	113500
		36" x 42" x 84"		161700	97500	259200
		42" x 48" x 96" 48" x 54" x 96"		184000 210000	140000 180000	324000 39000
Esterilizador de Agua	Automático	10 galones		4100	16500	20600
		15 galones		6100	24600	30700
Esterilizador de Instrumentos	Automático	6" x 8" x 17"		2700	2400	5100
		92 x 10" x 20"		3100	3900	9000
		10" x 12" x 22"		8100	5900	1400
		10" x 12" x 36"		10200	9400	19600
		12" x 16" x 24"		9200	8600	17800
Esterilizador de Utensilios	Automático	16" x 16" x 24"		10600	20400	31000
		20" x 30" x 24"		12300	25600	37900
Esterilizador de Aire Caliente	Automático	Modelo 120 Amer Sterilizer Co		200	4200	6200
		Modelo 10 Amer Sterilizer Co		1200	25600	3300
Suministrador de Agua		5 Galones/hora		1700	2700	4400
Máquina Rayos X para pintura		Oficinas de Dentistas y Físicas		no	no	no
Máquina Rayos X para Terapia		Carga de Calor puede ser apreciables escribir mfg para datos				
<b>QUEMADORES A GAS</b>						
Quemadores, pequeños laboratorios		Diámetro de barril de gas 7/14	1800	960	240	1200
Pequeños quemador cola de pescado	Manual	Diámetro de barril 7/17 sin gas	3000	1680	420	2100
		Diámetro 7/16 sin gas	3500	1960	490	2450
Quemador cola de pescado grande	Manual	Diámetro 7/14 sin gas	5500	3080	770	3850
		Diámetro 1/2	6000	3350	850	4200
Cigarrillo	Manual	Tipo llama continua	2500	900	100	1000
Sistema Secador de Cabello 5 cascos 10 Cascos	Automático Automático	Consiste en quemadores y ventiladores que soplan aire caliente a través de un sistema	3300			
				1500	4000	19000
				2100	6000	27000

\* Si se diseñó apropiadamente con campana de descarga positiva, multiplicar por el valor recomendado de 50

Tabla 1.6 Ganancia de calor producido por equipos  
Fuente: Manual Carrier air conditioned



La producción de calor procedente de los motores y equipo que los impulsa se debe a la conversión de energía eléctrica en calor. La proporción de calor generado que pasa al recinto de acondicionamiento de aire depende de si el motor y la carga impulsada se encuentran ambos en el recinto o tan solo uno de ellos. La tabla 1.7, nos proporciona una lista de producciones de calor para cada caso.

Potencia de Motor	Ubicación del equipo con respecto a la corriente de aire o al espacio acondicionado		
	Motor y máquina dentro Kcal/h	Motor fuera, dentro máquina Kcal/h	Motor dentro, máquina fuera Kcal/h
1/8	580	320	260
1/6	710	430	280
1/4	1000	640	360
1/3	1290	850	440
1/2	1820	1280	540
3/4	2680	1930	750
1	3220	2540	680
1 1/2	4770	3820	950
2	6380	5100	1280
3	9450	7650	1800
6	15600	12800	2800
7 1/2	22500	19100	3400
10	30000	25500	4500
16	44500	38200	6300
20	58500	51000	7500
25	72400	63600	8800

Tabla 1.7

Fuente: (FUNDAMENTALS ASHRAE 2003)

**1.5.8.- Ganancia de Carga Térmica debida al aire para Ventilación.** - El aire exterior que fluye a través de una edificación como aire de ventilación es importante. Este aire es utilizado muchas veces para diluir contaminantes en el aire interior.

El aire que se requiere, se debe suministrar en cantidad suficiente para cumplir con ciertos códigos, reglamentos o recomendaciones. El aire para ventilación se debe considerar independientemente de la propia carga de calor del espacio, ya



que este pasa antes por el acondicionador, en contraste con el aire debido a la infiltración que entra directamente al espacio.

**1.5.9.- Ganancia de Calor debida a la infiltración de Aire.** - La infiltración de aire es el caudal de aire que penetra en un recinto o local desde el exterior, de forma incontrolada a través de fisuras en las ventanas o puertas como se muestra en la figura 1.12. Este proceso ocasiona una ganancia de calor sensible y ganancia de calor latente, para calcular estas ganancias de calor y el volumen de aire se deben considerar las pérdidas por infiltración debidas a:

- Las ranuras en puertas y ventanas que se pueden calcular por el método de las ranuras.
- Cuando los espacios a acondicionar no están en edificios de gran altura, se suele despreciar las ganancias de calor debidas a las ranuras.
- La abertura más o menos constante de puertas.

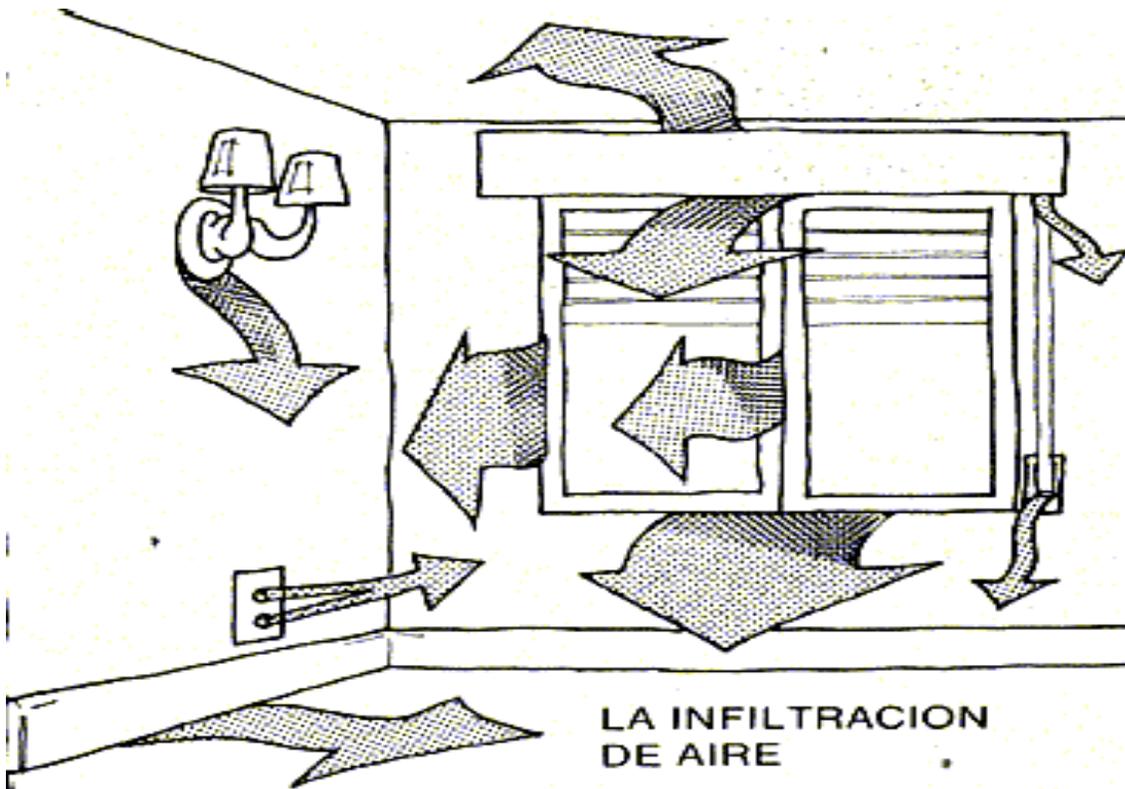


Figura 1.12 Infiltración de Aire  
Fuente: (Manual de ABC de instalaciones)



## 1.6.- Diseño de Ductos

La red de ductos se diseña para llevar un determinado caudal de aire a los puntos de impulsión deseado. En el diseño de los ductos, las propiedades más utilizadas son la densidad y la viscosidad.

Para establecer el criterio de cálculo de un sistema de ductos, es necesario tener presente la combinación de los factores económicos y prácticos.

Los ductos pueden ser de sección circular, rectangular y combinación de estas formas.

En la elaboración de ductos deberá usarse láminas galvanizadas o de aluminio, según el nivel de contaminación de la zona a instalarse. Para los lugares con condiciones ambientales normales debe usarse lámina galvanizada y debe usarse láminas de aluminio para lugares con alta contaminación. Los ductos deben ser del calibre adecuado según sus dimensiones.

**1.6.1.- Velocidades en Ductos.** - Es evidente que un sistema de ductos puede diseñarse con velocidades del aire desde muy bajas obteniéndose así bajas pérdidas de fricción hasta muy altas, con lo que las pérdidas de fricción también serán altas.

Cuando la velocidad del aire es baja se tiene un ahorro en la energía del ventilador, pero los ductos al ser más voluminosos son más caros, por el contrario, a velocidades altas se necesitará mayor energía en el ventilador, pero hay un ahorro en el costo de los ductos. También existen otros factores prácticos que limitan la velocidad del aire como vibraciones y ruidos en los ductos.

Al calcular ductos de aire se deben considerar preferentemente sistemas de baja velocidad, donde la velocidad máxima no sea mayor de 10 m/s (2000 ppm), y respetando las velocidades del aire recomendadas para cada uno de los componentes del sistema como se muestra en la siguiente tabla 1.8.

En la actualidad existe una tendencia a aumentar las velocidades del aire sobre todo en lugares donde el ruido no es un factor determinante como por ejemplo en industrias, estacionamientos, centros de espectáculos, etc.



Concepto	Residencias		Locales públicos		Instalaciones Industriales	
	m/s	ppm	m/s	ppm	m/s	ppm
Tomas de aire exterior	3.50	700	4.00	800	5.10	1000
	4.00	800	4.50	900	6.10	1200
Filtros	1.25	250	1.55	300	1.80	350
	1.55	300	1.80	350	1.80	350
Serpentines	2.30	450	2.50	500	3.05	600
	2.50	500	3.05	600	3.50	700
Lavadoras de Aire	2.50	500	2.50	500	2.50	500
Succión de Ventilador	3.50	700	4.00	800	5.10	1000
	4.50	900	5.10	1000	7.10	1400
Descarga de Ventilador	5.10	1000	6.60	1300	8.15	1600
	8.65	1700	11.20	2200	14.20	2800
Ductos Principales	3.50	700	5.10	1000	6.10	1200
	5.10	1000	8.15	1600	11.20	2200
Ductos Secundarios	3.05	600	3.05	600	4.00	800
	5.10	1000	6.60	1300	9.15	1800
Derivaciones a Difusores	2.50	500	3.05	600	4.00	800
	4.00	800	6.10	1200	8.15	1600

Tabla 1.8 Velocidades recomendadas y máximas en sistemas de aire acondicionado

Fuente: (NORMAS Y ESPECIFICACIONES CONSTRUCCIÓN E INSTALACIONES TOMO III)



**1.6.2.- Caída de Presión en Ductos.** - Las pérdidas de presión debidas a la fricción en ductos de aire pueden encontrarse con la fórmula de Darcys.

$$\Delta P = f \frac{L}{D} \frac{\rho v^2}{2g}$$

ó

$$\Delta P = f \frac{L \rho v^2}{8gS}$$

Dónde:

$\Delta P$  = pérdida de fricción en lb/pie<sup>2</sup>.

F = factor de fricción.

L = longitud equivalente en pies.

D = diámetro del ducto en pies.

$\rho$  = densidad del aire en lb/pie<sup>3</sup>.

g = 32.17 pies/seg<sup>2</sup>.

v = velocidad del aire en pies/seg.

S = radio hidráulico.

Transformando la pérdida de presión  $\Delta P$  en carga de aire en pies, se tiene:

$$\Delta h_a = \frac{\Delta p}{\rho} = f \left( \frac{L}{S} \right) \frac{v^2}{8g}$$

$\Delta h_a$  = carga en pies de aire.



Existen monogramas que proporcionan las pérdidas de fricción en ductos como se muestra en la figura 1.13. Cuando la pared del ducto es muy rugosa, se puede corregir el resultado con ayuda de otras cartas que nos pueden proporcionar un factor de corrección.

Las pérdidas de fricción localizadas se deben a las turbulencias producidas por los cambios de dirección como codos, empalmes y los cambios de sección. En codos, tees, reducciones y accesorios las pérdidas de fricción están dadas por tablas o cartas experimentales normalizadas, como se muestra en la tabla 1.9, en las que por lo general la pérdida se expresa en longitud equivalente de ducto y se mide en diámetros o ancho. En otras ocasiones, la pérdida se expresa en carga de velocidad.

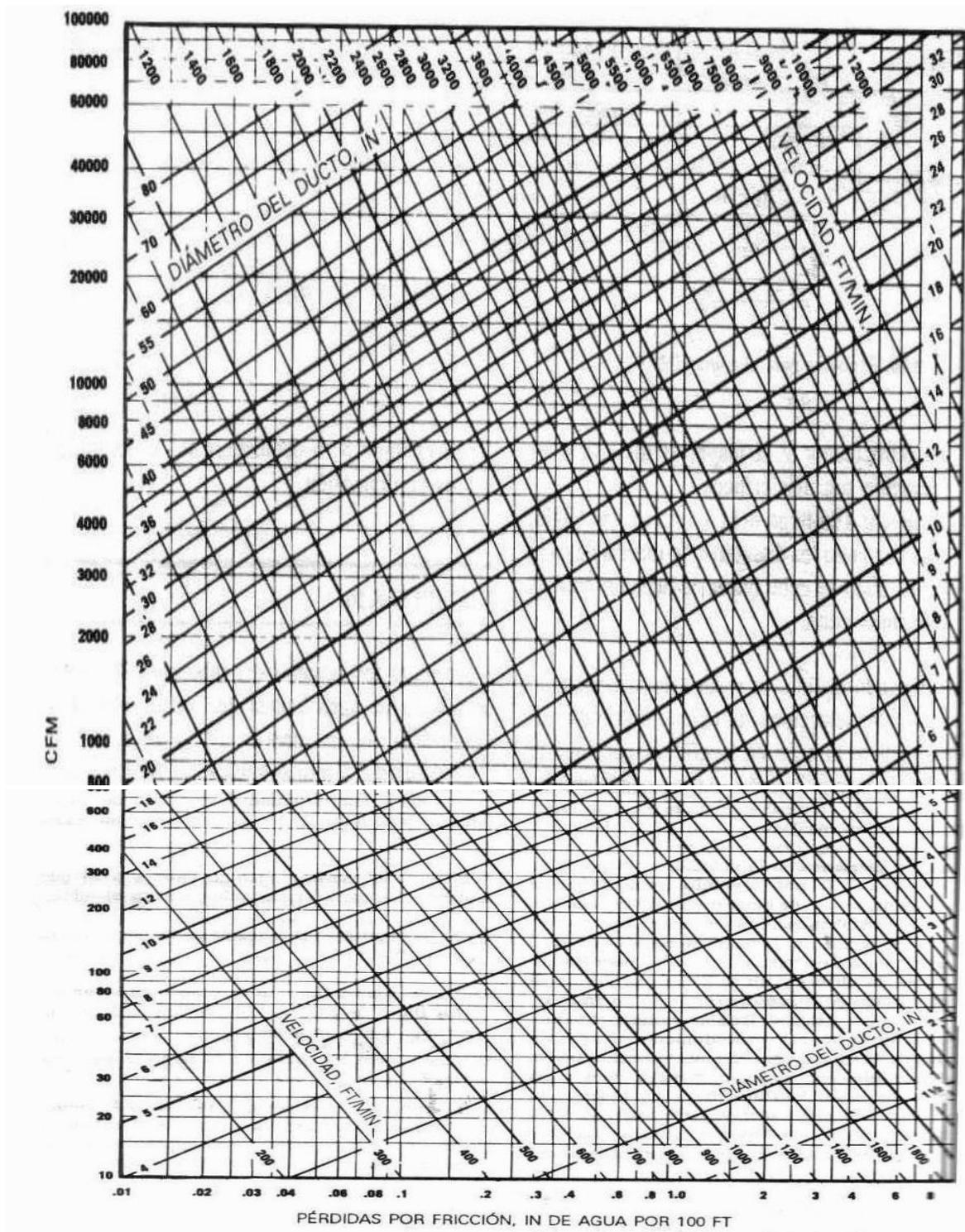
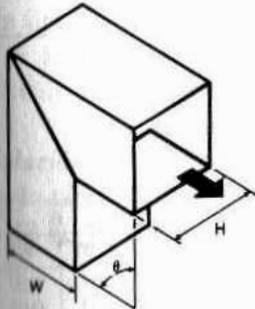


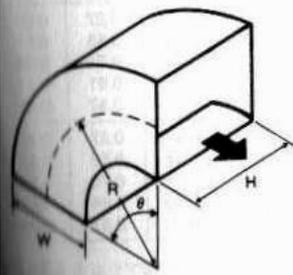
Figura 1.13 Perdida de fricción en plg de agua por 100 pies

Fuente: (Eduardo Hernández Goribar, 1997)

**D. Codo de ángulo, rectangular**

Coeficiente C

$\theta$	H/W										
	0.25	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0
20°	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05
30°	0.18	0.17	0.17	0.16	0.15	0.15	0.13	0.13	0.12	0.12	0.11
45°	0.38	0.37	0.36	0.34	0.33	0.31	0.28	0.27	0.26	0.25	0.24
60°	0.60	0.59	0.57	0.55	0.52	0.49	0.46	0.43	0.41	0.39	0.38
75°	0.89	0.87	0.84	0.81	0.77	0.73	0.67	0.63	0.61	0.58	0.57
90°	1.3	1.3	1.2	1.2	1.1	1.1	0.98	0.92	0.89	0.85	0.83

**E. Codo, rectangular de radio uniforme sin álabes**

Coeficientes para codos de 90° (ver nota)

R/W	H/W										
	0.25	0.5	0.75	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0
0.5	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.1	1.1	1.2	1.2
0.75	0.57	0.52	0.48	0.44	0.40	0.39	0.39	0.40	0.42	0.43	0.44
1.0	0.27	0.25	0.23	0.21	0.19	0.18	0.18	0.19	0.20	0.27	0.21
1.5	0.22	0.20	0.19	0.17	0.15	0.14	0.14	0.15	0.16	0.17	0.17
2.0	0.20	0.18	0.16	0.15	0.14	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.15

Tabla 1.9 Perdidas de fricción en Conexiones de Ductos  
Fuente: (Eduardo Hernández Goribar, 1997)

**1.6.3.- Dimensionamiento de Ductos.** - En cualquier sistema de circulación de aire por medio forzado en los sistemas de acondicionamiento de calefacción, refrigeración o ventilación, los ventiladores deben contar con una capacidad adecuada para enviar la cantidad de aire necesaria a una presión mayor o igual que la resistencia ofrecida por los ductos y accesorios.

Para cada área se debe considerar una cantidad de aire, incluida la capacidad equivalente y caudal necesaria. Para ello encontramos varios métodos por el cual se puede dimensionar los ductos como el método de velocidad constante y el de presión constante.

**1.6.3.1.- Dimensionamiento de Ductos a Velocidad Constante.** - En cualquier sistema de aire las dimensiones de los ductos dependen de la máxima velocidad del aire que se pueden usar sin causar ruidos, vibraciones o excesivas pérdidas de fricción. En este método se propone una velocidad razonable en cada tramo y



se calculan por separado las pérdidas de fricción de cada tramo de ducto. La pérdida de presión total es la suma de las pérdidas parciales.

Otro punto muy importante a tomar en cuenta los fabricantes de rejillas y difusores, es presentar en sus catálogos el nivel de ruido en NC, el cual es un valor relativo que toma en cuenta el nivel de absorción de ruido del local, el número de salidas, la forma del cuarto, la altura del plafón, etc. Los valores NC máximos y recomendados se muestran en la Tabla 1.10.

<b>Tipo de local</b>	<b>Valores Recomendados</b>	<b>Valores Máximos</b>
Salas de juntas	20	30
Salones de conferencias	25	35
Recepciones	30	45
Oficinas abiertas	35	45
Estancias y pasillos	35	50
Auditorios y salas de música	15	25
Teatros	25	30
Salas de estar	35	45
Bibliotecas	30	40
Salones de clase	30	40
Laboratorios	35	45
Salones de juego	35	50
Cocinas	40	50
Restaurantes	35	45
Cafeterías	40	50
Gimnasios	30	40
Estacionamientos	40	50
Talleres	40	50

Tabla 1.10 Valores en NC recomendados y máximos para diferentes tipos de locales  
Fuente: Manual Carrier air conditioned



**1.6.3.2.- Dimensionamiento de Ductos a Presión Constante.** - Este procedimiento consiste:

- En que se selecciona un valor para la pérdida de fricción por longitud de ducto y se mantiene constante para todas las secciones de ducto del sistema. El valor que se selecciona se basa en la velocidad máxima permisible a la salida del ventilador, para evitar fuertes ruidos.
- Si se utiliza el método de caída de presión constante, para el cálculo de ductos, se recomienda considerar una caída de presión de 8.50 mm/100 m (0.10 pulg/100 pies) para ductos de inyección y de 6.70 mm/100 m (0.80 pulg/100 pies) para ductos de retorno.
- Selección de valor máximo de caudal de aire en PCM.
- Diseño de ducterías utilizando tablas, gráficas, etc.

### **1.7.- Diseño de tuberías de refrigeración.**

Uno de los pasos o puntos importantes a considerar en un sistema de aire acondicionado o refrigeración, es el montaje y diseño de las tuberías de refrigeración.

Un sistema en refrigeración consiste en el manejo de aceite, gas, líquido, transportación del refrigerante en estado líquido y gaseoso, etc. La buena operación del sistema depende del diseño correcto y de la adecuada selección de los sistemas de tuberías y demás accesorios requeridos.

El tendido de la línea de refrigeración es el requisito más importante para el éxito de la instalación. El proyectista que efectúe el cálculo de carga y la selección de equipo, deberá también incluir en su proyecto el tamaño y disposición de las tuberías de líquido y descarga. Hay criterios básicos sobre el proyecto de instalación de líneas de refrigeración que deben tenerse muy en cuenta como son:

- Es importante considerar en el diseño de las líneas de refrigeración el costo de tuberías, refrigeración, instalación, caída de presión, cantidad de refrigerante en el sistema, etc.
- Las líneas deben ser lo más cortas y directas posibles, este procedimiento reducirá los costos y habrá un mejor funcionamiento en todo el sistema.



- Usar el mínimo número de uniones y acoplamientos esto reduce el costo y las posibles fugas.
- Se debe evitar exponer las tuberías a temperaturas extremas.
- Colocar las líneas donde no puedan sufrir daños.

**1.7.1.- Caída de presión en tuberías Tipo “L”.** - La caída de presión es importante desde el punto de vista del rendimiento de la instalación, la cual se produce como consecuencia del rozamiento producido entre el gas refrigerante y las paredes del tubo y provoca una disminución de la densidad del refrigerante.

La caída de presión en las líneas de succión reduce la capacidad y aumenta el consumo eléctrico. La caída de presión en una línea de succión de 3 psi (3% de pérdida de capacidad), es aceptable y una caída de presión mayor de 10 psi (10% de pérdida de capacidad), es inaceptable.

Si una caída de presión mayor (pérdida de capacidad) es aceptable para los requerimientos de la instalación, las líneas de refrigeración necesitarán ser diseñadas para una mayor caída de presión en orden a mantener el retorno de aceite.

**El Retorno de Aceite**, es de suma importancia tomando en cuenta que cierta cantidad de aceite está continuamente recirculando con el líquido entre el 1% y 4% en peso circulando por el sistema y se separa en el evaporador. Si el aceite no retornara al compresor, este se iría quedando poco a poco sin lubricación. Por eso es importante asegurar que sea arrastrado por el refrigerante por lo cual se necesita una velocidad mínima de 800 fpm en los tendidos horizontales y de 1500 fpm en los verticales de succión.

**1.7.2.- Dimensionamiento en tuberías de refrigeración tipo L.-** Para el dimensionamiento de las líneas de refrigeración tanto succión como líquido, una vez definido el trazo por el cual pasarán las tuberías se deberán determinar su longitud equivalente.

En la línea de succión la longitud equivalente de la línea es la suma de su longitud física más la longitud equivalente de accesorios como: codos 90°, 45°, T, Y, etc.

La longitud equivalente de cada uno de estos elementos es la longitud recta de tubería que nos arrojaría la misma caída de presión que ellos. Una vez obtenida la caída de presión y con la velocidad recomendada se puede calcular el diámetro respectivo.



En el tratamiento de la línea de líquido es el mismo caso de la línea de succión, ya que por ambas circula gas refrigerante. Para su diseño y dimensionamiento hay que considerar, igualmente la pérdida de presión del gas refrigerante y el retorno de aceite al compresor.

**1.7.3.- Refrigerantes (R-22, R-410 A, R-407 C, R-134 A).** - Refrigerante es cualquier sustancia capaz de absorber, calor de otra como el hielo, el agua, el aire. Como la refrigeración mecánica se basa en la evaporación y condensación del fluido, el refrigerante debe poseer tales características físicas para que se pueda repetir en ella la transformación de líquido en gas y de gas en líquido.

En el ciclo de refrigeración de un equipo cualquiera de aire acondicionado, circulan gases refrigerantes que sirven para reducir o mantener la temperatura de un ambiente por debajo de la temperatura del entorno (para ello se debe extraer calor del espacio y transferirlo a otro cuerpo cuya temperatura sea inferior a la del espacio refrigerado, todo esto lo hace el refrigerante) que pasa por diversos estados o condiciones como se muestra en la figura 1.14, cada uno de estos cambios se denomina procesos.

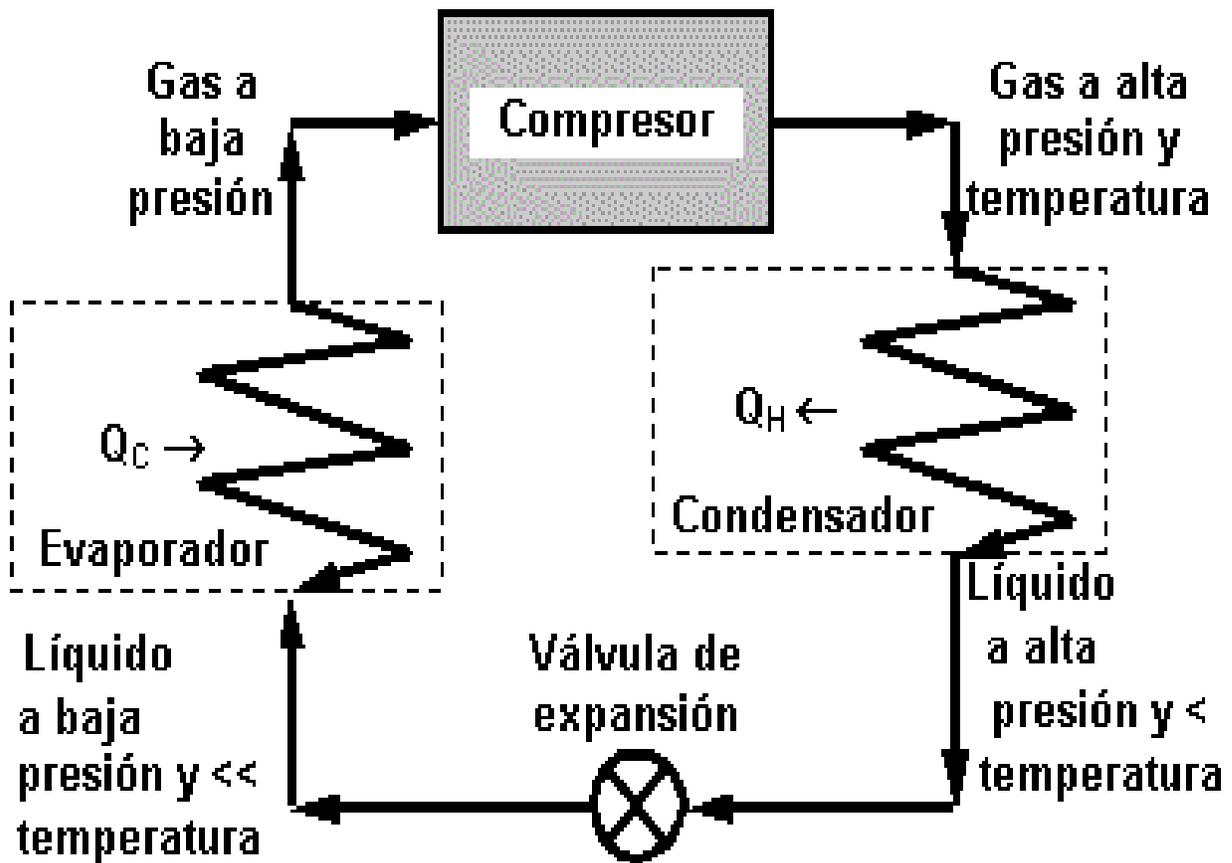


Figura 1.14 Ciclo de refrigeración  
Fuente: Hernández Goribar 1997

Posteriormente se han encontrado otras soluciones para sustituir los anteriores refrigerantes, son conocidas con el nombre de "refrigerantes verdes", como el R-407C, el R-134A y el R-410A.



## GAS REFRIGERANTE R-22

El R-22 es un refrigerante HCFC que funciona a alta presión, pero con un mínimo desplazamiento del compresor. El R-22 se utiliza especialmente en aplicaciones domésticas, comerciales e industriales y también es empleado como medio para producir fluoropolímeros y como agente soplante en aplicaciones de espuma rígida.

Tal y como contemplan los convenios internacionales sobre gestión de productos químicos dañinos para el ozono, el uso del R-22 se está eliminando progresivamente en todo el mundo. Para el año 2010, la mayoría de los países dejó de autorizar la producción del R-22 para su uso en nuevos equipos de aire acondicionado. Además, la disponibilidad del refrigerante para aquellos sistemas que sigan utilizándolo se irá reduciendo hasta que desaparezca cuando se agoten las provisiones. El R-410A ocupará el lugar del R-22 en la mayoría de los sistemas nuevos de aire acondicionado y en menor medida, también se utilizará el R-407C.



### Características del Gas Refrigerante R-22:

- Este refrigerante es del grupo de los HCFC, inicialmente estaba diseñado para aire acondicionado, pero hasta hace poco se emplea para todo. Evapora a  $-40,8^{\circ}\text{C}$  a presión atmosférica, es miscible con el aceite mineral y sintético, pero en bajas temperaturas es recomendable utilizar separador de aceite.
- Acepta poco recalentamiento ya que de lo contrario aumentaría demasiado la temperatura de descarga.
- Absorbe 8 veces más humedad que el R-12.
- Actualmente se prohíbe su empleo en equipos e instalaciones nuevas excepto para equipos de aire acondicionado inferior a 100kw.
- Las fugas también se pueden detectar con lámpara.



### GAS REFRIGERANTE R-410A

El R-410 A, es un refrigerante de alta seguridad, clasificado por ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) como A1/A1, es decir, no tóxico y no inflamable en caso de fugas. El R410A es amigable con el medio ambiente porque no afecta la capa de ozono.



El nuevo refrigerante, a diferencia del R22, cuyo compuesto tiene cloro (HCFC – hidro cloro fluo carbonado), sólo contiene en su composición HFC (hidro fluo carbonado).

Por otra parte, el nuevo gas es más eficiente que el R22: a igual tiempo de uso, consume menos energía y logra el mismo resultado a nivel ambiente. La inclusión del R410A supone una conversión importante de la industria, ya que requiere modificaciones en los insumos de los equipos.

#### Características del Gas Refrigerante R-410A:

- El R-410A es una mezcla cuasiazeotrópica (el deslizamiento de temperatura es de 0,1K) de HFC-32 y HFC-125 y su comportamiento es muy parecido al de un fluido puro como el R-22.
- El R-410A ofrece propiedades termodinámicas muy interesantes. Tiene una capacidad frigorífica superior a la del R-22 y propiedades de intercambios térmicos más favorables.
- Los niveles de presión generados por el R-410A son más elevados (+50% con respecto al R-22) y su temperatura crítica es bastante baja (72,2°C).
- Sus rendimientos en ciclos reversibles permiten también explicar la elección de este fluido por los fabricantes japoneses de bombas de calor.
- Con estas características, los fabricantes de equipos tienen que hacer un nuevo diseño de los equipos para utilizar el R- 410A.



## GAS REFRIGERANTE R-134A

El R-134A es un refrigerante de tipo HFC con unas características de rendimiento y capacidad similares al R-12. Al ser un producto libre de cloro su ODP es cero, lo cual lo hace no dañino para la capa de ozono y lo convierte en un producto definitivo.

Es un refrigerante de alta seguridad, clasificado como A1/A1 por la asociación ASHRAE, es decir, no es tóxico e inflamable.

Es un producto puro, por lo que es indistinta su carga en fase gaseosa o líquida.

Se caracteriza por su alta eficiencia de trabajo, ahorro de energía y protección al medio ambiente, y es ampliamente utilizado en sistemas de aire acondicionado para automóviles, aires acondicionados de casas y más.



## GAS REFRIGERANTE R-407C

**R407C** es la denominación del gas refrigerante, mezcla de tres gases que sustituye al R22.

Es una mezcla ternaria no azeotrópica compuesta de R32 (23%), R125(25%), y R134a (52%), químicamente es estable, tiene buenas propiedades termodinámicas, bajo impacto ambiental y muy baja toxicidad.

A pesar de que uno de sus componentes, el R32 es inflamable, la composición global de la mezcla ha sido formulada para que el producto no sea inflamable en situaciones en que se puede producir fraccionamiento de la mezcla. El R407C tiene un deslizamiento de temperatura de 7,4°C y su punto de ebullición a -43,9 °C

Es el sustituto definitivo del R22, principalmente en el sector del aire acondicionado (temperaturas de evaporación superiores a -10°C). En estas situaciones su comportamiento es muy parecido al del R22.

Por ser una mezcla no azeotrópica y en evitación (impide) del fraccionamiento del gas, la carga de los equipos ha de ser en forma líquida.



## CAPITULO 2. ESPECIFICACIONES Y NORMAS DE CONSTRUCCIÓN DE SISTEMAS HVAC EN AEROPUERTO.

### Instalación de Aire Acondicionado

#### 2.1. Generalidades

##### 2.1.1.- Objetivo y definiciones

- a) El objetivo de los sistemas de aire acondicionado es proporcionar condiciones de confort mediante el control de la temperatura, la humedad, el movimiento y pureza del aire en un espacio determinado.
- b) En estas especificaciones se usará el término "**Propietario**" para referirse al cliente o usuario final.
- c) El término "**Contratista**" se aplicará al individuo, sociedad o compañía a quien el propietario designe para la ejecución de los trabajos motivo de estas especificaciones.
- d) El término "**Supervisión**" o "**Coordinadora**" se aplicará al individuo, sociedad o compañía designada por el Propietario para coordinar, supervisar o dirigir los trabajos.

##### 2.1.2.- Referencias

Todos los trabajos deberán ser ejecutados de acuerdo con los Reglamentos, Normas y Ordenanzas Locales, Estatales o Federales aplicables a la especialidad aquí especificada

Los siguientes estándares industriales y códigos serán utilizados, excepto cuando los requerimientos de los reglamentos o códigos sean superiores.

Para la elaboración de estas Especificaciones Generales de Construcción se han tomado en cuenta las recomendaciones de diferentes instituciones, fabricantes y asociaciones tanto nacionales como extranjeras tales como:



A.S.H.R.A.E American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers.

A.M.E.R.I.C. Asociación Mexicana de Empresas en el Ramo de la Industria y Construcción.

S.M.A.C.N.A. Asociación de Contratistas de Lámina Metálica y Acondicionamiento de Aire.

Carrier Manual de Diseño y Construcción.

York Int Manual de Equipos, Difusores y Volumen Variable

Honeywell Controles y Accesorios.

Johnson Controls Controles y Accesorios.

Barber Coleman Controles y Accesorios

Trane Instalación y Mantenimiento

I.M.S.S. Especificaciones Generales de Construcción del Instituto Mexicano del Seguro Social,

UL Underwriters Laboratories.

NFPA National Fire Protection Association.

### **2.1.3.- Obligaciones del contratista**

Son obligaciones del "Contratista":

- a. Que la empresa declare por escrito bajo protesta de decir verdad, que cuenta con la experiencia y los elementos necesarios para llevar a cabo la ejecución de la obra.
- b. Que conoce plenamente las especificaciones de los planos, catálogos de conceptos, precios unitarios y programas de obra.
- c. Iniciar la obra precisamente en la fecha programada.



d. Duración de la obra y fecha de terminación.

e. Llevar a cabo hasta su total terminación y entera satisfacción del instituto los trabajos necesarios para la realización de la obra, incluyendo suministro de materiales, equipos y puesta en marcha de los mismos, que aparezcan en los catálogos de conceptos de obra.

f. Ejecutar los trabajos que se le ordenan que por omisión y/o ampliación de la obra haya necesidad de efectuar. Estos trabajos se pagarán según el acuerdo que se tome con la "Supervisión" o el "propietario".

g. Elaborar las estimaciones de obra, en base al catálogo de conceptos y de acuerdo a las cuantificaciones conciliadas con la Supervisión de Instalaciones.

h. Información requerida en obra:

- Deberá tenerse en obra el proyecto completo de la Instalación de Aire Acondicionado.
- Tomar en cuenta la importancia que es contar en obra, con los instructivos y manuales proporcionados por la Residencia de Obras, así como enterarse de su contenido.

Así mismo, los trabajos deberán ejecutarse bajo las presentes especificaciones y de acuerdo al contrato correspondiente.

El contratista deberá revisar y cumplir todas las condiciones de estas especificaciones y familiarizarse con ellas, igualmente deberá estudiar los planos proporcionados para familiarizarse con los detalles constructivos y arquitectónicos, antes de presentar su cotización. Será responsabilidad del Contratista verificar los volúmenes de materiales y equipos necesarios para la ejecución del trabajo.

El contratista deberá presentar, en un plazo máximo de dos semanas a partir de la adjudicación, sus comentarios y observaciones sobre el proyecto. En caso de no hacerlo se entenderá que está de acuerdo con el mismo.

En el mismo plazo, el contratista deberá sugerir las modificaciones y adiciones al proyecto que considere necesarias. La propuesta será estudiada por el propietario y, en caso de ser aprobada, el monto extra que genere se incluirá en el importe total del contrato. Antes de ordenar equipos y materiales, el contratista deberá revisar las dimensiones, capacidades y especificaciones de los mismos para



verificar que puedan instalarse en el lugar asignado y que puedan dar el servicio para el cual se seleccionaron.

El contratista deberá elaborar los planos de taller que se requieran para la ejecución del trabajo. Dichos planos serán aprobados por el propietario o su representante antes del inicio de los trabajos. Cuando se mencione una marca comercial, deberá entenderse invariablemente que sólo se pretende definir una cierta calidad o un diseño determinado.

El contratista será responsable del cuidado y protección de los equipos y materiales que sean entregados en obra, hasta el momento en que la misma sea recibida por el propietario.

El contratista presentará los programas de trabajo que le sean solicitados por la dirección de la obra y, en todos los casos, será responsable de su seguimiento y actualización.

El contratista deberá mantener la obra limpia. El desperdicio que sus trabajos generen deberá ser removido de las áreas de trabajo de manera inmediata y colocado en el lugar que el propietario indique. Si no lo hiciere, el propietario podrá contratar personal para la ejecución de este trabajo, a expensas del contratista.

El contratista deberá proporcionar sus propios medios para el transporte, elevación y manejo de sus equipos y materiales, así como los andamios, torres y herramientas necesarias para su instalación.

El contratista será responsable por la conducta de sus operarios, por lo tanto, deberá cuidar que el comportamiento de los mismos sea el correcto.

El contratista deberá mantener en la obra el personal de supervisión y administrativo necesario para la correcta ejecución, generación, estimación y cobro de los trabajos motivo del contrato. Todo el personal deberá tener la experiencia y preparación necesarias. En la medida de lo posible el personal técnico deberá permanecer sin cambios durante la ejecución de la obra.

El contratista deberá proporcionar el personal especializado para el arranque, prueba y ajuste de todos los sistemas. Un representante de la Coordinadora se integrará al personal del contratista durante el período de arranque, prueba y ajuste.



Una vez que los equipos y sistemas estén operando en las condiciones indicadas en los documentos de construcción y cumplidos los requisitos de estas especificaciones en lo referente a prueba, balance y ajuste, el contratista los entregará a la “Coordinadora”. Se deberá levantar un acta para la entrega de cada sistema o equipo con las firmas de la Coordinadora y el Contratista y los reportes de prueba, balance y ajuste como anexos.

El contratista deberá proporcionar capacitación sobre la operación y mantenimiento de los sistemas, al personal que el propietario indique, por un período mínimo de veinticuatro horas.

El contratista deberá avisar a la “Coordinadora” y al propietario por lo menos una semana antes de que los períodos de arranque y capacitación se inicien.

El contratista deberá entregar al término de la obra el manual de operación y mantenimiento para el sistema y cada uno de los equipos instalados.

El manual deberá contener información específica para el trabajo de que se trata, copias de los catálogos e instructivos de fabricantes de los equipos deberán incluirse en el manual, pero en ningún caso se aceptarán, por sí solas, para el cumplimiento del requisito marcado en el párrafo anterior.

El contratista deberá extender una garantía por escrito, por el término de un año a partir de la recepción de la obra por el propietario, que cubra todos los materiales, equipos y mano de obra utilizados.

El contratista proporcionará, a su propio costo, los materiales y mano de obra que sean requeridos para corregir las fallas que se presenten como resultado de equipos, materiales, mano de obra defectuosos o impropriamente empleados.

Todos los compresores en equipos de aire acondicionado deberán tener una garantía de 5 años.

El contratista será responsable de que se cumplan todas las leyes y reglamentos aplicables a los trabajos que ejecute. Cuando los planos o especificaciones entren en conflicto con una ley o reglamento, el contratista avisará al propietario, proponiendo una solución alterna.

Las conexiones finales de alimentación de agua y desagüe, a partir de las preparaciones dejadas en los cuartos de máquinas por la instalación correspondiente, continuando los trabajos con la misma calidad de materiales indicados en las especificaciones de instalaciones hidráulicas y sanitarias.



Elaboración de los planos de la obra terminada utilizando para ello los planos arquitectónicos actualizados. Este requisito es indispensable para hacer el finiquito de los trabajos al contratista y la entrega a la subdirección correspondiente.

#### **2.1.4.- Materiales**

La calidad de los materiales deberá ser cuando menos la establecida en las normas de la Secretaria de Comercio y Fomento Industrial.

Cuando en las presentes especificaciones se haga mención a determinadas marcas o modelos comerciales, deberá entenderse invariablemente que solo se pretende definir calidad o un diseño determinado (NOM) y de ningún modo se señala con ello de manera específica su uso. En tal virtud, podrán utilizarse materiales, accesorios y equipos que cumplan como mínimo con las mismas especificaciones técnicas de calidad, duración, y garantía, de acuerdo con las especificaciones generales de construcción, y previa autorización del propietario o sus representantes.

#### **2.1.5.- Supervisión**

La supervisión deberá coordinar con el contratista las trayectorias y ubicación de equipos de acuerdo al proyecto especificado, de las diferentes instalaciones esto en base a un programa de obra previamente establecido.

Obligaciones y facultades del supervisor:

- Revisar y comprobar el proyecto y catálogo de conceptos.
- Inspeccionar y verificar la calidad de los trabajos para proteger los intereses representados.
- Observar y vigilar el cumplimiento de las obligaciones fijadas en los contratos, los programas de trabajo y las disposiciones legales y reglamentarias aplicables en cada caso.
- Informar y dar aviso oportuno de los resultados de las revisiones del programa y de las soluciones dadas a los problemas inherentes a la obra.
- Las revisiones deberán hacerse con la minuciosidad necesaria para comprobar la exacta correspondencia de los trabajos con lo indicado en el proyecto. Las especificaciones y órdenes complementarias serán proporcionadas por la Subdirección de obras.



- La asesoría o asistencia técnica será proporcionada por el Coordinador de instalaciones o por consultores contratados previamente.
- Es obligación del supervisor informar oportunamente de aquellos problemas cuya solución se encuentre fuera de su alcance.
- Deberá entenderse que en ninguna forma el contratista quedará relevado de la obligación de tener en la obra un ingeniero responsable, a quién se le exigirán conocimientos especializados en las instalaciones u obra civil o de acabados, a su cargo.
- Para ejercer una vigilancia adecuada, es indispensable el conocimiento amplio de las disposiciones legales y reglamentarias que deberán aplicarse en la ejecución de las instalaciones.
- Para preparar oportunamente la información que se requiera, el supervisor lo hará en las formas establecidas oficialmente.
- El supervisor tendrá la facultad de rechazar cualquier trabajo que no cumpla estrictamente con las exigencias del proyecto o con las especificaciones de materiales y mano de obra; pero, por otra parte, deberá tomar todas las medidas necesarias para que dicho rechazo no represente un retraso en el programa general de construcción.
- Si no se logra la inmediata regularización de las actividades, deberá informar a la superioridad de las responsabilidades de la contratista y aplicar en las estimaciones correspondientes las sanciones a que se haya hecho acreedor el causante del retraso.

Las anotaciones hechas por el supervisor en las estimaciones, no estarán sujetas a discusión; todas las aclaraciones que la empresa contratista requiera hacer, se presentarán en la bitácora, donde se dará atención a las reclamaciones suscitadas por las acciones tomadas en la obra.



**Datos necesarios para iniciar sus actividades:**

- Datos generales de la obra
- Ciudad donde se hace la construcción
- Domicilio
- Función del edificio o de los edificios del conjunto
- Numero de pisos en cada uno de los edificios
- Altura del edificio o de los edificios del conjunto
- Número estimado de población
- Número de visitantes
- Superficie del terreno
- Superficie construida
- Superficie pavimentada
- Superficie de prados y jardines.

**Documentos que la Residencia de Obra proporcionará oportunamente a la supervisión:**

- Documentación
- + Licencias o permisos de construcción, contratos de arrendamiento.
- + Contratos, convenios y órdenes de construcción
- + Programas de obra
- + Formas para las órdenes de trabajo adicionales al contrato
- + Juego completo de planos definitivos
- + Catálogo de conceptos con precios unitarios aprobados
- + Pedidos de equipos (Programa de Obra)
- + Guías mecánicas de muebles y equipo.



- + Especificaciones generales correspondientes al tipo de unidad.
- + Manuales de instalación de equipos, proporcionados por los proveedores
- Instructivos:
  - + Instructivos de la residencia
  - + Instructivo para el manejo del libro de bitácora
  - + Instructivo para la elaboración de estimaciones
  - + Instructivo para la entrega de la obra a la Subdirección de obras
  - + Instructivo para la entrega de la obra por parte del contratista
- Informe de los servicios disponibles
- + Abastecimiento
- + Toma domiciliaria
- + Localización
- + Presión disponible
- + Solicitud de servicios
- + Personas legalmente autorizadas para hacer la tramitación
- + Instructivos de las disposiciones a que debe sujetarse la tramitación
- f. El supervisor de instalaciones deberá conocer los proyectos, para lo cual seguirá las siguientes indicaciones:
  - Revisión general del proyecto.
  - + Partes que forman el proyecto
  - + Planos
  - Lista de conceptos de materiales de instalaciones.
  - Comprobación de la cantidad y tipo de planos, comprobar cotejando la lista proporcionada por el proyectista.



- Comprobar que los planos contengan todas las instalaciones requeridas.
- Comprobación de la cantidad y tipos de planos de la Instalación de Aire Acondicionado.
- Comprobar que la indicación dada en planos de la posición de tuberías, canalizaciones y ductos, sea la adecuada respecto al piso al que darán servicio.
- Definir características de las preparaciones especiales que deben dejarse para equipos y accesorios que así se indiquen en los planos.
- Consultar con las dependencias o empresas, que prestarán los servicios, las preparaciones que deberán proveer dentro y fuera del predio en el cual se encuentra la construcción. Este punto de preferencia deberá tramitarse por escrito a través de la residencia de la obra.
- Verificar que todas las canalizaciones verticales vayan en sus respectivos ductos y que estos tengan las dimensiones adecuadas para alojarlos. Evitar en lo posible los cambios de dirección en el caso de que tuberías eléctricas, hidráulicas y sanitarias, bajen por ductos cercanos en las diferentes plantas. Otra recomendación es que estos ductos se localicen en zonas accesibles (muros de ductos, pasillos de servicios, cubos de escaleras, cuartos sépticos, cuartos de aseo, etc.)
- En las instalaciones exteriores, alojadas en ductos, trincheras, o pasos a cubierto deberán tomarse en consideración la topografía del terreno para dimensionarlo adecuadamente. Así mismo, para prever pendientes, drenes, ventilaciones, registros, accesos y todos los elementos necesarios para que sean totalmente funcionales.
- Revisión de las especificaciones
  - + Normas y reglamentos
  - + Conocimiento y aplicación de las normas y reglamentos vigentes.
- Vigilar la calidad de los materiales empleados exigiendo que estén autorizados y registrados en las Normas Oficiales Mexicanas (N.O.M.) de la Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía.
- Conocer los reglamentos locales y aplicarlos.
- Calidad de los materiales.
  - + La establecida por las especificaciones del Instituto.



- + Efectuar pruebas de calidad cuando lo solicite el Instituto.
- + Uso de los materiales de calidad y diseños similares a los especificados, solamente con autorización por escrito del Instituto.
- + Presentación de los certificados de calidad de los materiales y /o equipos a instalar en la obra.

#### **Licencias y permisos:**

- Es obligación de la contratista obtener las licencias y permisos necesarios para la ejecución de los trabajos contratados o aquellos que la Supervisión le solicite específicamente.
- Se requiere el conocimiento de las disposiciones legales que deben cubrirse para la tramitación.
- Deberán efectuarse las tramitaciones con toda oportunidad
- Las contratistas deberán cubrir las responsabilidades técnicas y legales que se derivan.

#### Conocimiento de catálogos de materiales y cantidades de obra

- Los catálogos deberán presentarse en forma global conteniendo, de ser posible, todos los conceptos y cantidades de materiales necesarios para la total terminación de la obra o los contenidos en los planos que indican los trabajos a ejecutar.
- A lo anterior deberá adjuntarse la relación de los planos que sirvieron de base para las cuantificaciones
- Las cuantificaciones deberán hacerse con la colaboración de los contratistas en hojas generadoras

**Guías mecánicas:** Deberán tenerse en obra las guías mecánicas correspondientes a los equipos que serán instalados. Esta guía deberá ser la proporcionada por el proveedor a través del superintendente y corresponderá específicamente al equipo indicado en el pedido.

**Detalles constructivos:** Es conveniente que en obra se cuente con copias de cada uno de los dibujos correspondientes a los detalles constructivos para que sirvan de base para soluciones a casos especiales, que se presentan en la obra con sus respectivos ajustes.



## 2.2.- Bases del diseño

Se debe considerar la ubicación geográfica de la construcción, su latitud geográfica, longitud, altura sobre el nivel del mar, presión barométrica, entre otras.

### Condiciones de diseño.

Para este caso en particular de acuerdo con lo anterior se consideró los siguientes datos para las condiciones exteriores

- Se tomará la temperatura atmosférica del lugar llamada también temperatura de bulbo seco (para este caso 36°C).
- Se tomará la temperatura de bulbo húmedo del lugar (para este caso 26°C).

Para las condiciones interiores para verano se considerará los siguientes:

- Se tomará la temperatura de acuerdo al confort del lugar, temperatura de bulbo seco (para este caso 24°C).
- La humedad no controlada será del 50%.

No se considera acondicionamiento de aire para invierno en ningún área.

## 2.3.- Ductos de aire acondicionado

El aire es conducido a los espacios por acondicionar, utilizando una red de ductos construidos principalmente de lámina galvanizada, en sus diferentes calibres según sea el caso. Existen 2 principales procedimientos para conducir el aire.

- a. Sistemas convencionales de baja velocidad (1200 ppm a 2200 ppm.) o de baja presión (Volumen Constante), construidos normalmente con ductos de sección rectangular.
- b. Sistemas de mediana presión, construidos generalmente con ductos rectangulares. 2200 ppm a 2500 ppm.



### 2.3.1.- Ductos rectangulares.

Se suministrarán e instalarán todos los ductos y accesorios indicados en los planos, con las dimensiones y capacidades ahí marcadas y las características indicadas en estas especificaciones.

Los ductos de lámina galvanizada para este proyecto serán clase 1" y 2" de presión, de acuerdo al Manual SMACNA. Los ductos deberán sellarse como "Clase C", de acuerdo al mismo manual.

La ejecución de los trabajos será de acuerdo con las mejores prácticas del oficio y estas especificaciones. En lo general los ductos deberán construirse de acuerdo con los estándares para construcción de ductos para aire acondicionado de SMACNA, edición 1995. El contratista deberá tener permanentemente en la obra una copia de estos estándares.

Los ductos deberán construirse con lámina galvanizada para engargolar, de primera calidad y en los calibres que a continuación se indican en las tablas 2.1 y 2.2, dependiendo de las dimensiones del ducto:

Lámina galvanizada, en sus diferentes calibres

Calibre	Espesor (mm)	Kg/m <sup>2</sup>	Espesor (mm)	Kg/m <sup>2</sup>
26	0.492	4.045	0.508	4.047
24	0.607	4.654	0.584	4.654
22	0.835	6.485	0.813	6.478
20	0.988	7.708	0.965	7.709
18	1.29	10.148	1.267	10.149

Tabla 2.1 Características mecánicas para ductos de aire acondicionado

Fuente: (SMACNA, edición 1995)



Construcción de ductos de baja presión:

Lado mayor del ducto	Calibre de lámina galvanizada	Calibre lámina de aluminio
Hasta 30 cm (12")	N° 26	N° 24
Hasta 76 cm (30")	N° 24	N° 22
Hasta 136 cm (54")	N° 22	N° 20
Hasta 214 cm (84")	N° 20	N° 18
Mayores de 215 cm	N° 18	

Tabla 2.2 Características mecánicas para ductos de aire acondicionado  
Fuente: (SMACNA, edición 1995)

Los ductos de aire serán diseñados y fabricados según las recomendaciones de la ASHRAE (American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers)

En el caso de los ductos para presión media, el calibre de lámina a utilizar es el inmediato superior de acuerdo a lo indicado en la anterior tabla.

Cuando el ducto lleve aislamiento interior, las medidas indicadas se considerarán netas y, por lo tanto, las dimensiones deberán incrementarse en el doble del espesor del aislamiento en ambas direcciones.

El interior de los ductos deberá ser liso, no se aceptará la colocación de refuerzos, costuras o juntas dentro de los mismos.

### Refuerzos y acoplamientos

Todas las caras de los ductos mayores de 12" serán reforzadas con venteos o ranuras verticales.

Las costuras longitudinales serán del tipo "Pittsburgh" o "snap lock", conocido en el medio como engargolado.

Las juntas transversales verticales se harán con cañuela plana o grapa.

Las juntas transversales horizontales se harán de acuerdo a la siguiente tabla 2.3:



Ancho del Ducto	Tipo de Junta	Espaciamiento
Hasta 20"	Zeta Plana	4 pies
21" a 40"	Zeta Ref. 1" Cal 24	4 pies
41" a 55"	Zeta Ref 1 1/8" Cal 24	4 pies
56" a 72"	Zeta Ref 1 1/2" Cal 18 o Cal. 24 c/solera de 1/8"	4 pies
73" a 84"	Zeta Ref. 1 1/2" Cal 20 c/ Angulo 1 1/2" x 3/16	4 pies
85 a 96"	Zeta Ref 2" Cal 20 c/ángulo 2" x 3/16	4 pies
97" y Mayores	Zeta Ref. 1 1/2" Cal 20 c Angulo 1 1/2" x 3/16	2 pies

Tabla 2.3 Tipos de juntas transversales para ductos de aire acondicionado  
Fuente: (SMACNA, edición 1995)



Estos tipos de juntas son indicativos y podrán variarse si se cumple con el estándar SMACNA, previa autorización de la Coordinadora.

### **Accesorios y conexiones**

Todos los accesorios se construirán, en lo general, de acuerdo a los estándares SMACNA aplicables y según se indica en estas especificaciones.

Los codos a 90° deberán construirse con un radio de 1.5, solo en condiciones extraordinarias se aceptarán codos con radio de 1.

Los codos cuadrados podrán ser utilizados, siempre y cuando se instalen deflectores de acuerdo a los estándares SMACNA.

Las salidas de ramales en ductos troncales de alimentación o retorno de aire, deberán hacerse mediante particiones tipo "Y", ya sea por ancho o por peralte, o conexiones tipo "Zapato". Las salidas de ramales en ductos de extracción deberán hacerse mediante "Zapato", como se puede ver en la foto 2.1.



Foto 2.1 Instalación de ductos de Aire Acondicionado  
(Fuente Torre Bancomer Polanco Nivel 2)



Las salidas para conexiones a cajas VAV deberán hacerse con conexiones cónicas como se puede ver en foto 2.1. Las conexiones para ducto flexible a difusores o rejillas podrán hacerse con conexiones cónicas o rectas tipo cola de paloma. En las salidas para ducto flexible deberá instalarse una compuerta de mariposa en cada salida.



Foto 2.2 Conexión cónica  
(Fuente Torre Bancomer Polanco Nivel 2)

Cuando una salida para rejilla o difusor se haga con injerto directo o "chiflón", deberán instalarse extractores o enderezadores de flujo.

Donde se indique en planos se instalarán las compuertas de control de volumen necesarias para el correcto balanceo del sistema. Las compuertas con peralte hasta 12" podrán ser de una hoja, a partir de ahí deberán ser de hojas múltiples.

En las particiones tipo "Y" deberán instalarse, cuando se indique en planos, compuertas de bandera con varilla para operación desde el exterior.

Se instalarán las compuertas contra incendio indicadas en planos. Se instalarán juntas flexibles de lona ahulada No. 10 en todas las uniones de ductos con equipo o partes sujetas a movimiento. El ancho mínimo de la junta será de 10 cm. y deberá quedar holgada. No se aceptarán juntas restiradas. Ver foto 2.3.



Foto 2.3 Compuerta de Control de volumen y Compuerta contra incendio CCI  
(Fuente: Innes .com.mx)

**Sistema de medición para fines de pago:**

- Para la conversión de kg por metro lineal de ducto se utilizarán las tablas de la AMERIC.
- El suministro y colocación de ductos de lámina galvanizada para las redes del sistema de acondicionamiento de aire, se cuantificarán tomando como unidad el kilogramo con aproximación a la unidad.
- Ductos rectos se estimarán por peso los materiales empleados en la fabricación de los ductos. La unidad será el kilogramo con aproximación a la unidad.

**Cargos que incluyen el precio unitario:**

- El costo de los materiales requeridos en el lugar de su colocación como son lámina galvanizada, grapas, refuerzos, tapas, cuellos, desperdicios, anclaje y pijas.



- El costo de la mano de obra necesaria para dicho concepto de trabajo incluyendo trazo, medición, corte, dobleces, engargolado, armado, manufactura de ductos, refuerzos, tapas, cuellos, setas, montaje, anclaje, nivelación y cierre en equipos.
- Cargos derivados del uso de herramienta, equipo, instalaciones específicas, así como las obras de protección que para la correcta ejecución del trabajo proponga el contratista y apruebe o indique el dueño y/o sus representantes.
- Equipo de seguridad necesario para la protección personal del trabajador.
- La limpieza y el retiro de los materiales sobrantes y desperdicios fuera de obra al lugar que especifique el dueño o la supervisión correspondiente.

### 2.3.2.- Soportería

Los ductos verticales y horizontales deberán sujetarse a elementos estructurales que garanticen la rigidez de los mismos, por medio de un ángulo, de fierro negro sujeto a los lados mayores del ducto por medio de tornillos autoroscables y estos a ángulos a su vez, descansando y fijos por medio de tornillos y taquetes expansores o con anclas para herramienta de explosión a losa.

Soporte para ducto vertical: La separación entre los elementos de suspensión en los ductos verticales, deberán ser igual a la altura de un entepiso, cuando dicha separación exceda de 3.2 m deberá colocarse un soporte intermedio anclado a muros con solera de fierro negro de  $\frac{1}{4}$  de pulgada.

Soporte para ducto horizontal hasta 1m de lado mayor, sin forro aislante: Para ductos horizontales hasta 1 m de lado mayor, deberán suspenderse de las trabes y losa usando tirantes en forma de "Z" de lámina galvanizada del mismo calibre del ducto, con taquetes expansores y tornillos o con anclas para herramienta de explosión.

Soporte para ductos horizontales: Para ductos horizontales de más de 1m de lado mayor deberán suspenderse de las trabes y losas por medio de largueros metálicos de ángulo fierro negro de  $1 \frac{1}{2}$ " x  $\frac{3}{8}$ " con tirantes de material redondo rolado en frío, roscados en sus extremos.

Los soportes se espaciarán 2.44 m. a menos que se indique lo contrario en planos.

En cualquier caso, las varillas roscadas deberán quedar perfectamente a plomo.



Los ángulos deberán pintarse con primer y esmalte antes de la entrega al propietario.

La tabla 2.4, nos indica las características de los componentes de los soportes para diversas dimensiones de ductos:

<b>Perímetro/2</b>	<b>Tira</b>	<b>Varilla</b>	<b>Angulo</b>
<b>30"</b>	<b>1"-Cal 22</b>	<b>1/4"</b>	<b>1x1x1/8</b>
<b>72"</b>	<b>1"-Cal 20</b>	<b>1/4</b>	<b>1.5x1.5x1/8</b>
<b>96"</b>	<b>1"-Cal 18</b>	<b>3/8"</b>	<b>1.5x1.5x1/8</b>
<b>120"</b>	<b>1"-Cal 16</b>	<b>3/8"</b>	<b>1.5x1.5x3/16</b>
<b>168"</b>	<b>1.5"-Cal 16</b>	<b>1/2"</b>	<b>1.5x1.5x3/16</b>
<b>192"</b>	<b>1.5"-Cal 16</b>	<b>1/2"</b>	<b>1.5x1.5x1/4</b>

Tabla 2.4 Características mecánicas de soportería para ductos de aire  
Fuente: (SMACNA, edición 1995)



Los ductos verticales se soportarán de acuerdo a los estándares SMACNA.

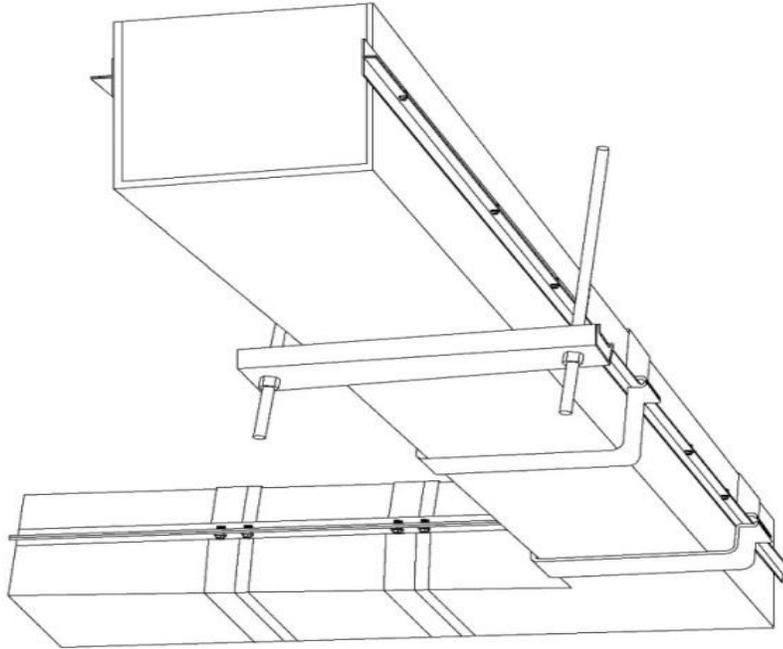


Figura 2.1 Soportería horizontal para ductos de aire acondicionado

Fuente: (Manual de ABC de instalaciones)

### 2.3.3 Aislamiento térmico

El aislamiento térmico en ductos de lámina galvanizada deberá ser de fibra de vidrio de 25 mm de espesor con aglutinante de resina orgánica y densidad de 16 kg. /m<sup>3</sup>.

Las colchonetas de fibra de vidrio, deberán pegarse al ducto de lámina, por medio de un adhesivo adecuado, que cumpla con las normas técnicas de construcción, para evitar que se desprenda.



**a. Generalidades:**

- La conductividad térmica del aislamiento es expresada en Btu/hr °F pie<sup>2</sup> de temperatura promedio.
- Objetivo, el aislamiento térmico en los ductos de acondicionamiento de aire, por su alta eficiencia térmica, proporciona economías en los consumos de energéticos.

**b. Ejecución**

- Ductos interiores: Todos los ductos de inyección de aire acondicionado deberán ir aislados térmicamente y con barrera de vapor. Los ductos de retorno de aire acondicionado deberán aislarse térmicamente solo en climas extremos al cruzar áreas que no se encuentren acondicionadas. Los ductos de retorno de aire acondicionado deberán ir sin aislamiento térmico en climas templados y alojados en plafón, forrándose solamente en el caso de pasar por un local sin acondicionamiento.
- Barreras de vapor: Es un recubrimiento adicional al aislamiento térmico, flexibles de fibra de vidrio, a base de aluminio: Papel kraft y foil de aluminio o polietileno aluminio, con el objeto de evitar la condensación de la humedad contenida en el aire ambiente, al entrar en contacto con la superficie fría de los conductos.
- El acabado final, deberá hacerse con pintura color aluminio, cuando los ductos estén expuestos a trabajos mecánicos que puedan dañar el recubrimiento protector, el acabado final deberá ser con lámina de aluminio calibre 28.

Sellando las uniones tanto transversales como longitudinales e instalando flejes alrededor de la lámina.

**c. Sistema de medición para fines de pago:**

- Para la conversión de m<sup>2</sup> por ml de ducto se utilizarán las tablas de la AMERIC.
- El suministro y colocación de aislamiento térmico en ductos de acondicionamiento de aire, se medirá, tomando como unidad el metro cuadrado, aproximación al décimo.



Foto 2.3 Aislamiento térmico para ductos interiores y para ductos expuestos a la intemperie (Fuente: tecnoclima.com.mx)

d. Cargos que incluyen el precio unitario:

- El costo de los materiales requeridos puestos en el lugar de su colocación como son colchoneta de fibra de vidrio, adhesivo, barrera de vapor, sellador y desperdicios.
- El costo de la mano de obra necesaria para dicho concepto de trabajo incluyendo medición, trazo, corte, colocación, pegado y sellado para aislante y barrera de vapor.
- Cargos derivados del uso de herramienta, equipo, instalaciones específicas, así como las obras de protección que para la correcta ejecución del trabajo que proponga el contratista y apruebe o indique el dueño y/o la supervisión correspondiente.
- Equipo de seguridad necesario para la protección personal del trabajador para ejecutar el concepto del trabajo.
- La limpieza y el retiro de los materiales sobrantes o desperdicios fuera de obra al lugar que indique la supervisión o las autoridades correspondientes.
- Todos los cargos pertinentes mencionados en la definición de precio unitario.
- Todos los cargos indicados en el contrato de obra y que no se mencionen en estas especificaciones.



- Normas de referencia y marcas del aislamiento a base de colchonetas de fibra de vidrio y barrera de vapor deberán cumplir con la Norma Oficial Mexicana NOM c-230-85 clase I tipo a.

### 2.3.4.- Aislamiento exterior para ductos

Se aislarán exteriormente los ductos que a continuación se indican.

- a). Todos los ductos de inyección de aire frío o caliente, excepto cuando estén aislados interiormente.
- b). Los ductos de retorno de aire cuando pasen por áreas no acondicionadas.
- c). Los ductos flexibles para conexión entre ductos y difusores o plenos para difusor lineal.

Los ductos de inyección que estén dentro de espacios acondicionados podrán no tener aislamiento, si así se indica.

### Características generales

El aislamiento será de fibra de vidrio flexible, aglutinada con resinas fenólicas, tipo colchoneta, de 1 lb de densidad y espesor de 1". Se colocará sobre el ducto con adhesivo como Resistol 5000, aplicado en franjas de 6" de ancho con separación de aproximadamente 12" entre centros.

La barrera de vapor será de foil de aluminio con refuerzo de papel kraft o bond. Las uniones deberán ser traslapadas y selladas con "Fester 6025" o equivalente. La barrera de vapor podrá venir adherida a la fibra o ser colocada en campo.

Cuando el aislamiento se instale en ductos colocados a la intemperie, el espesor deberá ser de 2" y la barrera de vapor deberá protegerse con un recubrimiento para intemperie suministrado e instalado por otros.

El material no deberá exceder los siguientes valores, cuando se someta a pruebas según los procedimientos de ASTM E84, NFPA 255 y UL 723

Propagación de la flama **Menos de 25**

Humo Desarrollado. **Menos de 50**

Los adhesivos y selladores deberán cumplir con los mismos valores.



La ejecución de los trabajos será de acuerdo con las mejores prácticas del oficio y estas especificaciones.

Los ductos deberán estar perfectamente limpios antes de la colocación del aislamiento.

### **2.3.5.- Aislamiento interior para ductos**

El aislamiento será de fibra de vidrio flexible, aglutinada con resinas fenólicas, tipo colchoneta, con cubierta antierosión, similar al producido por John Manville bajo la marca "Linacoustic-Permacote" de 1" de espesor. El aislamiento deberá ser resistente a velocidades del aire hasta 5000 PPM.

El material no deberá exceder los siguientes valores, cuando se someta a pruebas según los procedimientos de ASTM E84, NFPA 255 y UL 723.

Propagación de la flama	<b>Menos de 25</b>
-------------------------	--------------------

Humo Desarrollado.	<b>Menos de 50</b>
--------------------	--------------------

El material deberá tener un coeficiente de absorción de sonido de 0.31 en la octava de 250 Hz.

### **Instalación**

El aislamiento deberá instalarse de acuerdo con el manual SMACNA para aislamiento interior.

El aislamiento se sujetará al ducto mediante adhesivo que cumpla con los mismos estándares que el material aislante.

Adicionalmente el aislamiento deberá sujetarse mediante un medio mecánico, el tipo y número de sujetadores estará de acuerdo con el citado manual SMACNA.

### **2.3.6.- Ductos flexibles**

La longitud máxima permisible para un ducto flexible será de 1.5 m.

Los ductos flexibles serán del tipo de alambre en espiral, con cubierta plástica o de aluminio, para trabajo con hasta una presión de trabajo positiva de 12" C.A.



Los ductos flexibles estarán aislados con una colchoneta de fibra de vidrio y una barrera de vapor de foil de aluminio o plástico. El aislamiento será aplicado en fábrica.

Los ductos flexibles deberán cumplir con los estándares 90A y 90B de NFPA y ser listado bajo UL-181 como ducto para aire clase 1.



Foto 2.4 Ducto Flexible con aislamiento de fibra de vidrio  
(Fuente: tecnoclima.com.mx)

### **Acoplamientos.**

Los collarines a los cuales el ducto flexible se sujeta deberán tener reborde y una longitud mínima de 2".

La unión de dos ductos flexibles podrá hacerse con un niple con reborde de por lo menos 4" de longitud.



Los ductos flexibles se sujetarán a los collarines mediante una abrazadera que puede ser metálica o de plástico. Si el ducto tiene más de 12" de diámetro, la abrazadera deberá colocarse detrás del reborde en el collar.



Foto 2.5 Instalación de ducto flexible  
(Fuente: Malco Products, SBC)

### 2.3.7.- Difusores para Aire.

#### a. Definiciones

- Difusores: Elementos elaborados en lámina negra de acero o de aluminio, que sirven para distribuir y dirigir adecuadamente el aire suministrado a los espacios acondicionados o ventilados, con el fin de evitar que el movimiento y el ruido de este, sea molesto para las personas.
- Difusor lineal: Es un elemento diseñado para suministrar inyección y retorno de aire en los diferentes sistemas de calefacción, refrigeración y ventilación. Construidos en aluminio estos difusores, pueden ser usados en cualquier tipo de plafón, la ventaja primordial de estos elementos es permitir un control en el tiro del aire sin provocar turbulencias.



- Tiro: Es la distancia que alcanza un flujo de aire salido de un difusor, se mide horizontalmente.
- Factor de área: Es un factor empírico que multiplicado por la velocidad de salida de aire en pies por minuto (ppm) nos del gasto de pies cúbicos por minuto (pcm) este factor se obtiene experimentalmente en laboratorio.
- Área de cuello: Es el área de la sección cuadrada (pies 2) del ducto en el punto donde el difusor es instalado se trabaja con dimensiones nominales.
- Velocidad de cuello: Es el flujo de aire en pies cúbicos por minuto (pcm) dividido entre el área del cuello (pies 2) dándole la velocidad del cuello en pie por minuto (ppm)
- Presión de velocidad: Es la suma de la presión estática y de la presión de la velocidad dada en pulgadas en columna de agua.
- Control de volumen de aire: Es un dispositivo metálico con aspas o compuertas giratorias que adosado al difusor, permite efectuar la regulación manual del flujo de aire de descarga, que pasa a través del propio difusor, asegurando así la cantidad de aire necesaria a cada local en particular.

#### b. Ejecución:

- Los difusores se conectarán directamente a los cuellos de los ductos terminales verticales de descarga de aire en posición horizontal por medio de tornillos autoroscables, con el objeto de que el flujo del aire no los haga vibrar y causar ruidos molestos.
- De modificar los difusores señalados en el proyecto se deberá tener en cuenta el tiro adecuado, con el fin de evitar choques de aire en muros o que se originen turbulencias con otras corrientes encontradas, así mismo vigilar su nivel de ruido.
- La construcción de compuertas o control de volumen deberá garantizar la eficiencia de regulación del flujo de aire.
- Los difusores como los controles de volumen de aire, serán elaborados en lámina negra de acero, con un acabado final de pintura esmalte.
- Así mismo podrán ser elaboradas en aluminio natural las cuales no requieren de ningún acabado final.



c. Medición para fines de pago: La unidad de medición para fines de pago será la pieza.

d. Cargos que incluyen el precio unitario:

- Cargo directo por el costo del elemento y pijas, flete a obra.
- Mano de obra para su fijación y elementos de fijación, alineación, ajustes necesarios, nivelación, balanceo de aire, limpieza y retiro de sobrante fuera de obra al lugar que indique la supervisión o las autoridades correspondientes.
- Depreciación y demás derivados del uso de equipo y herramienta.
- Equipo de seguridad correspondiente al equipo necesario para la protección personal del trabajador para ejecutar el concepto del trabajo.
- El costo de los materiales y mano de obra necesarios para dotar a las zonas de trabajo y andamios, pasarelas y señalamiento que, para la correcta, ejecución del trabajo proponga el contratista y apruebe o indique, el dueño.
- Todos los cargos pertinentes mencionados en la definición de precio unitario.



Foto 2.6 Difusor tipo Placa de 4 vía



Foto 2.7 Difusor Lineal tiro Horizontal



Foto 2.8 Instalación de Difusor con caja plenum

(Fuente: Innes.com.mx)



### 2.3.8.- Rejillas.

#### a. Definiciones:

- Rejilla: Pieza que se coloca en una entrada o salida de aire, provista de aletas.
- Compuerta: Mecanismo que controla el volumen de aire que pasa a través del ducto variando el área seccional.
- Rejilla de compuerta: Rejilla provista de un mecanismo para controlar el volumen de aire.
- Control de volumen: Mecanismo que controla el volumen de aire que pasa a través de una rejilla. El control de volumen manual cierra o abre el paso al volumen total del aire. El control de volumen regula la cantidad de aire.
- Área libre de coraza: Es el área total plana de una rejilla o difusor.
- Área libre: El área libre medida perpendicularmente entre las aletas de un difusor o rejilla.
- Área efectiva: Es el área medida en una rejilla basada en el porcentaje de velocidad media medida entre las aletas.
- Velocidad de salida: Es la velocidad de salida del aire en una rejilla medida en el plano de la misma.
- Velocidad terminal: Es el punto en el cual una descarga de aire a través de una rejilla decae hasta una velocidad dada normalmente de 500 pies por minuto.
- Velocidad de coraza: Es la velocidad del aire que pasa a través de una rejilla si le quitamos las aletas y dejamos únicamente el marco.
- Presión de velocidad: Es la fuerza de avance del aire dentro de un ducto es medida en pulgadas columna de agua.
- Presión total: La suma de presión de velocidad y la presión estática medida en pulgadas de agua.
- Caída de presión: Indica la cantidad de la presión total del aire requerida para hacer pasar el aire a través de la rejilla o difusor, o en el recorrido de ductos, o bien para salvar cualquier obstáculo.



- Tiro: Es la distancia que alcanza un flujo de aire salido de una rejilla hasta su decaimiento o su velocidad terminal. el tiro se mide horizontalmente.
  - Barrido: Es la amplitud máxima que alcanza un flujo de aire a la salida de una rejilla.
  - Caída: Es la distancia vertical de un flujo de aire salido de una rejilla, entre la base de la misma y el punto donde decae.
  - Efecto de techo: La tendencia de un flujo de aire cuando se mueve en contacto con una superficie, a quedarse en contacto con ella, este efecto extiende el "tiro" y reduce la caída.
  - Tiro y caída: El cálculo del "tiro" y la "caída" estará basado en una velocidad terminal de 50 ppm y una diferencia de temperatura de 20°C entre el aire de suministro y el promedio del aire del cuarto en el ciclo de enfriamiento.
  - Deflexión del aire: La deflexión de las aletas (que alteran el patrón de distribución de aire) sobre las cuales se obtuvieron todos los datos de Ingeniería.
- b. Rejilla de inyección de aire: Son elementos elaborados en lámina negra de acero o de aluminio que sirven para distribuir o dirigir el aire suministrado a espacios ventilados o acondicionados, con el fin de evitar que el movimiento y ruido del aire, sea molesto para las personas.
- Generalidades: Para evitar corrientes de aire molestas, deben ser tomados en cuenta los siguientes conceptos:
    - + Tiro o alcance
    - + Disposición de la rejilla
    - + Limitaciones de ruido
    - + Ubicación de la rejilla.
  - Ejecución: Las rejillas y sus controles de volumen de aire, se instalan normalmente en posición vertical y van unidas directamente al cuello del ducto de descarga de aire, por medio de tornillos autoroscables con el objeto de que el flujo del aire no los haga vibrar y causar ruidos molestos.
- b.1. Rejillas de retorno, extracción y toma de aire: Son elementos elaborados en lámina negra de acero o de aluminio, que sirven para retornar o recircular el aire



que ha sido suministrado por medio de rejillas de inyección o difusores de aire, a un local ventilado o acondicionado, con el fin de no desperdiciar dicho aire.

• Ejecución:

+ Se instala directamente al ducto que retorna el aire a la unidad ventiladora de aire, con el objeto de recircularlo y no desperdiciarlo al tirarlo al exterior.

+ Las rejillas de retorno, de aire y sus controles de volumen se instalarán en posición vertical u horizontal, sujetadas directamente al ducto por medio de tornillos autoroscables o directamente al plafón, cuando este sea utilizado en un sistema de retorno a base de cámara plena.

c. Rejilla de paso de aire: Son elementos elaborados generalmente en lámina negra de acero o de aluminio, o de madera, también puede ser del mismo material de la puerta y sirven para que pase el aire de un local ventilado o acondicionado en el cual no se ha considerado ninguna rejilla de retorno de aire, a otro y tienen el objeto de no desbalancear el sistema.

• Generalidades:

+ Para evitar ruidos molestos de silbido de aire, y para que no se vea a través de la rejilla de paso, teniéndose así privacidad en los locales donde sean instalados, se deberán instalar los modelos y tamaños adecuados, siendo estos del tipo no-visión, los cuales están diseñados para permitir el paso de aire de un área a otra y para no permitir el paso de la vista.

• Ejecución:

+ Las rejillas de paso de aire, pueden ser instaladas en muro, cancelas o puertas de los locales a donde van a prestar servicio.

+ Estas rejillas contarán de dos partes: una que trae el marco integrado a las aletas y otra que es un marco por separado esto es con el objeto de que se ajusten al espesor de las puertas, muros o cancelas donde vayan a instalarse.

d. Materiales: Todas las rejillas y los controles de volumen de aire mencionados anteriormente estarán elaborados en lámina de acero con un acabado final de pintura de esmalte. También podrán ser elaboradas en aluminio natural, las cuales no requieren de ningún acabado final.

e. Medición para fines de pago: La unidad de medición para fines de pago será la pieza.



f. Cargos que incluyen el precio unitario:

- El cargo directo por el costo del elemento pijas, flete a obra.
- Mano de obra para su fijación y elementos de fijación, alineación, ajustes necesarios, nivelación, balanceo de aire, limpieza o retiro de sobrante fuera de obra al lugar que indique la supervisión o las autoridades aprueben.
- Depreciación y demás derivados del uso de equipo y herramienta.
- Equipo de seguridad necesario para protección personal del trabajador (Guantes, lentes de protección, caretas, ropa, etc) para ejecutar el concepto del trabajo.
- El costo de los materiales y mano de obra necesarios para dotar a las zonas de trabajo de andamios, pasarelas, andadores y señalamientos que para la correcta ejecución del trabajo proponga el contratista y apruebe o indique el dueño.
- Todos los cargos pertinentes mencionados en la definición
- Todos los cargos indicados en el contrato de obra y que no se mencionen en estas especificaciones.

### **2.3.9.- Consideraciones de Ruido.**

En todas las instalaciones de aire acondicionado, uno de los principales inconvenientes que hay que vencer es el ruido que produce el funcionamiento de los equipos. Estos ruidos incluyen el zumbido del motor y del ventilador, el silbido del aire y la vibración de los ductos.

Tales sonidos provienen generalmente de defectos de diseño, de mano de obra o de aislamiento acústico: por ejemplo, los ruidos de circulación del aire provienen del empleo de conductos muy estrechos que dan velocidades muy elevadas; el zumbido del ventilador proviene de la excesiva velocidad o de una capacidad insuficiente; y la vibración de los conductos es debida a su construcción débil y a los cambios bruscos de dirección.

En 1971 fue publicada la norma ARI 270; ahí aparece el primer listado de equipos cuyos niveles de ruido fueron evaluados y aprobados.

Las unidades son clasificadas de acuerdo a su nivel de ruido con un solo número de nivel de ruido (SRN) La mayoría de las unidades caerán entre el 14 y el 24 en



la escala ARI de niveles de ruido. El ARI espera que este programa y la escala establecida sirvan para motivar a los fabricantes, a producir unidades silenciosas en el futuro.

#### **2.4.- Pruebas, balance y ajustes.**

Se efectuarán todas las pruebas, balance y ajustes de los sistemas mecánicos como se indican en los planos y se especifica a continuación:

Las pruebas deben incluir, pero no estar limitadas a, todos los puntos que se especifican en esta sección.

Las pruebas, el balance y los ajustes no relevan al contratista de los requerimientos de garantía.

El Propietario suministrará el agua, electricidad y combustibles que requiera para las pruebas, balance y ajustes del sistema.

Durante el proceso de la obra deberán hacerse las pruebas requeridas por estas especificaciones. Las pruebas deberán hacerse por personal calificado, con el equipo y los instrumentos adecuados.

El contratista enviará a la Dirección de Obra los procedimientos, formas para registro y una relación de instrumentos a emplear, por lo menos 2 semanas antes de la ejecución de la prueba.

Los daños, fugas o defectos encontrados a raíz de una prueba, deberán ser reparados o remplazados, a elección de la Coordinadora.

Todos los equipos empleados para las pruebas, así como las preparaciones adicionales que deban hacerse, no representarán ningún costo extra para el propietario.

Todos los instrumentos empleados en la prueba y balance deberán ser calibrados por lo menos seis meses antes de que se inicie el trabajo.



### **Balance y ajuste. Sistemas de distribución del aire**

Todos los sistemas de aire, incluyendo difusores de inyección y rejillas de retorno y extracción, deberán ser balanceados de acuerdo al manual AABC.

El contratista entregará al propietario un reporte con las lecturas de cada manejadora o cada zona, en el orden en que se tomaron hasta llegar a los valores de diseño.

El Coordinador acompañará al contratista al tomar las lecturas de temperatura, flujo, velocidad, etc. y firmará los reportes de campo como visto bueno.

El Contratista deberá demostrar al Propietario y al Coordinador, antes de la recepción por el propietario, que todos los sistemas y/o equipos han sido balanceados y ajustado correctamente y que el sistema y/o equipos cumplen con los documentos.



### **3.- CAPITULO 3. CASO DE APLICACIÓN:**

#### **Diagnóstico estado actual, aeropuerto de Tampico**

Para este capítulo se informará de forma clara y explícita el desarrollo de todos los procesos que se llevaron a cabo para determinar el diagnóstico y sugerencias de mejora en la remodelación del sistema HVAC del aeropuerto Tampico.

**3.1.- Levantamiento Técnico.** - Para realizar el levantamiento técnico general en el Aeropuerto de Tampico, se dividieron en dos etapas:

##### **➡ Levantamiento de equipos, ductos, tuberías de enfriamiento de aire**

El Aeropuerto de Tampico, que está conformado por dos niveles, Planta Baja y Planta Alta, tienen un sistema de aire acondicionado, el cual es abastecido a través de unidades manejadoras las cuales son alimentadas por unidades condensadoras, unidad paquete, minisplit.

De acuerdo al requerimiento de falta de capacidad de enfriamiento en las diversas zonas del aeropuerto de Tampico se procedió a realizar una revisión exhaustiva para ver el estado en que se encontraban los equipos, ductos, tuberías, mediciones de las áreas de los locales correspondientes, como también las de las zonas ambulatorias, sala de última espera, cantidad de equipos de uso, iluminación y número de personas que transitan en los diferentes locales y zonas transitorias especialmente en las horas de mayor concentración de personas.

Esta revisión general se conoce como el procedimiento básico (levantamiento técnico), que se debe realizar para saber en qué condiciones se encuentran físicamente y como operan los equipos, como también el estado actual de los ductos y tuberías que conforman el sistema de instalación de aire acondicionado.

#### **Puntos a revisar en el levantamiento técnico:**

- a) La observación detallada de los equipos nos dará indicios del tipo de mantenimiento que recibe por ejemplo graseras secas y con polvos son síntomas de falta de lubricación.
- b) Las bandas lisas y brillantes; así como poleas desgastadas producen resbalamientos y por lo tanto pérdida de eficiencia en la transmisión de la potencia mecánica.



- c) Las entradas de ventilación en motores eléctricos deben estar libres de polvo y otros materiales que bloquean el flujo de aire. El calentamiento de los devanados de un motor propicia un consumo mayor de energía debido al aumento de la resistencia óhmica.
- d) Las vibraciones excesivas por partes flojas y desbalanceo implican que parte de la energía consumida por el equipo o dispositivo en cuestión se está consumiendo en el trabajo mecánico que representa la vibración.
- e) La transferencia de calor se da entre dos cuerpos de diferentes temperaturas y es proporcional a esa diferencia. Por lo tanto, entre mayor sea la diferencia de temperatura entre esos cuerpos, mayor será el calor que se transmite entre ellos. Así pues, el calor que se transmite entre el aire exterior a 30°C y el aire interior a 18°C, es mayor que el calor que se transmite entre aire de 30°C y aire de 23°C. Entonces es recomendable que las superficies de transferencia de calor, como son los serpentines deben estar libres de polvo, suciedad y en general de cualquier material que oponga resistencia a la conducción del calor.

➡ **Levantamiento Térmico.** - Permite determinar la capacidad o volumen de aire frío o calor que se requiere para abatir el calor generado o perdido. El Aeropuerto de Tampico, cuenta en la actualidad con dos niveles, Planta Baja y Planta Alta. Debido a que es un edificio existente, en este proyecto se abarcan diferentes áreas que fueron divididas en la siguiente forma:

- Llegada Internacional, nacional y pasillos a S.U.E.
- Salida Internacional, nacional y pasillo a S.U.E.
- Boletaje Nacional e Internacional.
- Áreas ambulatorias y de comercios.
- Oficinas Administrativas.

Para cada área en cuestión se tuvo que determinar los siguientes parámetros:

- a) Datos atmosféricos de la localidad. Por medio de tablas del AMERIC.
- b) Características de la edificación, dimensiones físicas.
- c) La orientación de la edificación del Aeropuerto de Tampico.
- d) Dirección de las paredes del espacio a acondicionar.
- e) La hora o el momento del día en que la carga térmica llega a su máximo o como se conoce también cuando llega a la hora pico.
- f) La cantidad de área de vidrio y de sombra en los mismos.



- g) Concentración máxima de personas que puede haber en las diferentes áreas.
- h) Las fuentes de calor interna producidas por la iluminación, equipos y otros.
- i) Espesor y características de los aislamientos.



Foto 3.1. Concentración máxima de pasajeros en la Sala de Boletaje Internacional y Nacional (Fuente Aeropuerto Tampico)



Foto 3.2. Máxima área de vidrio del aeropuerto  
(fuente Aeropuerto Tampico)

Luego de obtener estos parámetros procedemos al cálculo del balance térmico que veremos en el siguiente sub-capítulo.

**3.2.- Balance Térmico del Aeropuerto de Tampico.** – Se llevó a cabo la ejecución de este procedimiento importante, para determinar la cantidad de calor que debemos de evacuar de un ambiente a ciertas condiciones de temperatura. Para de esta forma comparar el volumen de aire frío existente contra el de rediseño para las áreas acondicionadas actualmente y determinar la capacidad del equipo a seleccionar para las áreas que no estaban contempladas a acondicionar en un inicio de la puesta en marcha del Aeropuerto de Tampico.

### **Bases de diseño**

Para comenzar el balance térmico debemos adoptar las condiciones interiores y exteriores de diseño, con base a tablas proporcionadas por el A.M.E.R.I.C. Asociación Mexicana de Empresas en el Ramo de la Industria y Construcción, (ubicadas en el anexo 3-I). El cálculo de las ganancias térmicas de los ambientes y el dimensionamiento de los equipos se han realizado en base a los siguientes parámetros:



### Lugar y ubicación del aeropuerto de Tampico.

El aeropuerto de Tampico está ubicado en Boulevard Adolfo López Mateo nro 1001, Tampico Tamaulipas. Código Postal 89339.

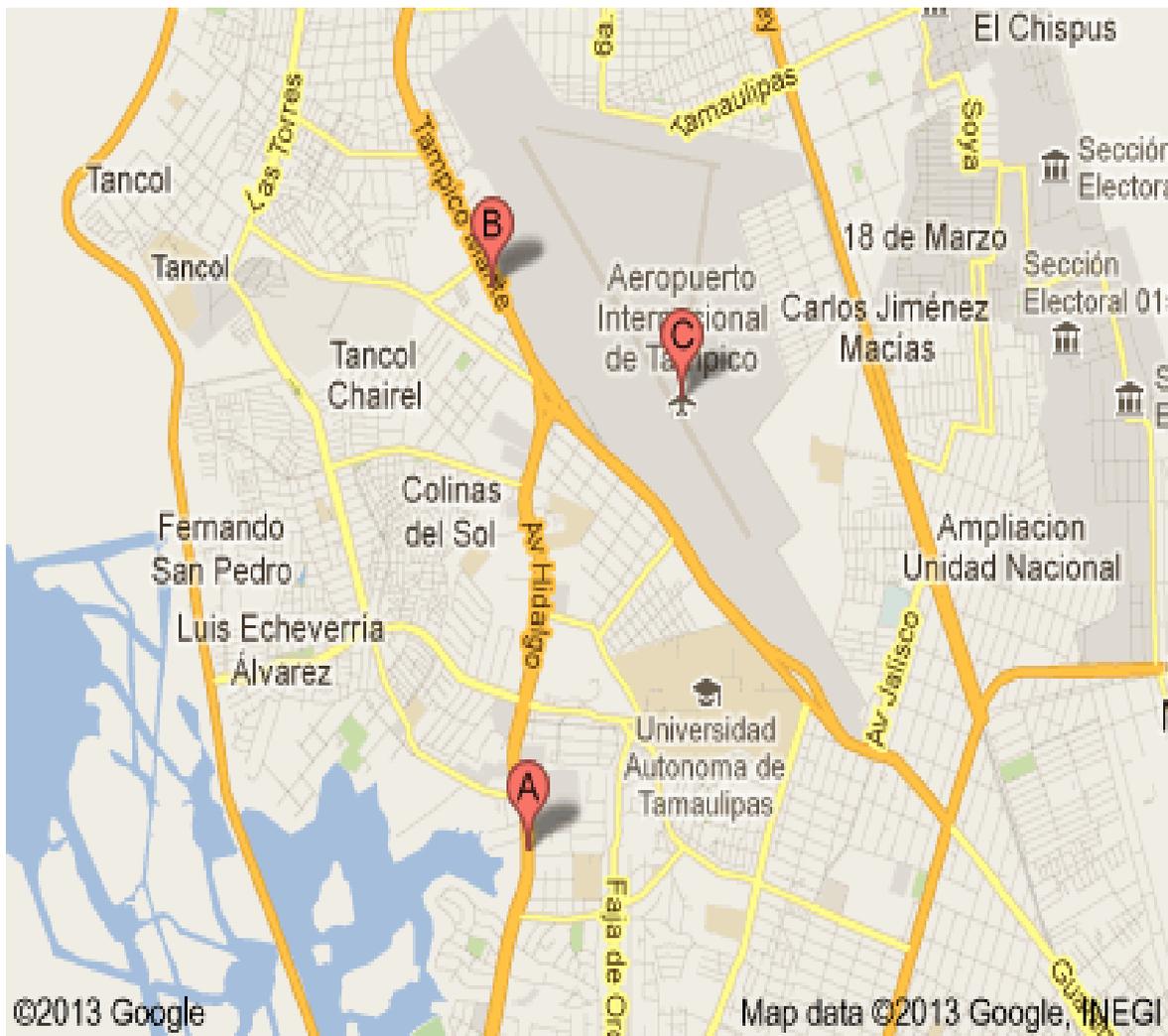


Fig. 3.1. Croquis del Aeropuerto de Tampico



Foto 3.3. Área de acceso Principal (Fuente: Aeropuerto de Tampico)



CONDICIONES GEOGRAFICAS Y ATMOSFERICAS DE DISEÑO.

---

<b>Ciudad.</b>	<b>Tampico, Tamaulipas</b>
<b>Latitud.</b>	<b>22° 12'</b>
<b>Longitud.</b>	<b>97° 80'</b>
<b>Altura S.N.M.</b>	<b>18 m</b>
<b>Presión Barométrica</b>	<b>738 mm Hg</b>

---




---

 CONDICIONES EXTERIORES E INTERIORES DE DISEÑO.
 

---

	T° Bulbo Seco	T° Bulbo Húmedo
Temperatura Aire Exterior Verano	36.0 °C	26.0 °C

---

Las Condiciones Interiores para verano son:

Temperatura verano (Bulbo Seco)	24.0° C
Humedad Relativa (No controlada)	50 %

## CALOR GENERADO POR PERSONAS DE ACUERDO A LA APLICACIÓN:

**1. Oficinas**

Calor Sensible	: 250 Btu/hr.
Calor Latente	: 200 Btu/hr.

**2. Restaurante**

Calor Sensible	: 275 Btu/h.
Calor Latente	: 275 Btu/hr.



GANANCIA DE CALOR POR ILUMINACIÓN = 20 Watt/m<sup>2</sup>,  
densidad de iluminación obtenidas de acuerdo al ASHRAE.

GANANCIA DE CALOR GENERADOS POR EQUIPOS CONSIDERADOS EN EL PROYECTO.

1. **Ganancia de calor por PC** = 230 Watt / PC
2. **Ganancia de calor por TV** = 115 Watt / TV
3. **Ganancia de calor por teléfonos** = 16 Watt / Teléfono
4. **Otros.**

Otro parámetro importante en tomar en cuenta es en cuanto a la ventilación de aire para algunas áreas en especial baños y cocinas.

#### **Ventilación de Baños = 20 cambios / hora**

Este valor de cambio por horas para baños fue obtenido de acuerdo a la aplicación por ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers).

No se consideraron trabajos de extracción de aire en cocinas, etc.

Luego de haber obtenido estos datos de acuerdo a normas ya establecidas se procedió al cálculo de los balances térmicos de las áreas a acondicionar que se muestran a continuación. En las tablas correspondientes se muestran la lista por nivel en forma general y también se muestran tablas seccionados por edificios.

**Tabla 3.1 Capacidad Térmica por edificios, Planta Baja:****Edificio Terminal, P.B**

<i>Nro de local</i>	<i>T.R</i>	<i>kw</i>	<i>Lts/Seg.</i>	<i>PCM</i>	<i>Observaciones</i>
1	0.84	2.96	195	413	
2	0.58	2.06	129	273	
3	0.50	1.75	81	172	
4	0.60	2.12	120	254	
5	0.32	1.13	79	167	
6	0.73	2.56	154	326	
7	0.71	2.48	132	280	
8	0.66	2.33	103	218	
9	0.67	2.34	104	220	
10	0.69	2.41	110	233	
11	1.98	6.96	358	759	Área común 2
12	0.50	1.77	108	229	
13	0.82	2.89	165	350	
14	0.85	2.98	187	396	
15	1.12	3.93	252	534	
16	1.28	4.5	296	627	
17	0.56	1.95	125	265	
18	0.51	1.79	111	235	
19	0.52	1.84	114	242	
20	0.50	1.74	107	227	
21	0.50	1.74	107	227	
22	0.55	1.95	124	263	
23	0.98	3.45	242	513	
24	0.66	2.31	154	326	
Área común 1	7.49	26.36	1468	3111	Loc. 90
Modulo Taxis	0.37	1.32	55	117	
Área común 3	16.20	56.96	3039	6440	Loc. 92
Área común 5	2.87	10.08	490	1038	Loc. 94
Área común 7	7.37	25.9	1829	3876	Loc. 99
Área común 8	23.47	82.54	5083	10771	Loc. 100
25	2.12	7.45	487	1032	
26	1.02	3.58	232	492	
27	0.76	2.69	166	352	
28	1.05	3.70	248	526	



29	0.4	1.4	64	136	
30	0.44	1.55	75	159	
31	0.41	1.43	63	133	
32	1.4	4.93	306	648	
33	0.69	2.42	125	265	
34	0.38	1.35	95	201	
35	0.54	1.9	88	186	
36	-	-	-	-	<i>Pasillo</i>
37	1.26	4.42	190	403	
38	0.6	2.11	134	284	
39	0.36	1.28	75	159	
40	-	-	-	-	<i>Cuarto de máquinas</i>
41	1.02	3.58	243	515	
42	0.72	2.52	166	352	
43	1.93	6.77	470	996	
44	0.31	1.11	56	119	
45	0.32	1.13	57	121	
46	1.39	4.87	228	483	
47	0.27	0.94	59	125	
48	1.35	4.73	234	496	
49	0.77	2.71	111	235	
50	0.73	2.55	99	210	
51	1.62	5.71	205	434	
52	0.12	0.41	21	44	
53	0.12	0.41	21	44	
54	0.58	2.02	78	165	
Área común 4	8.68	30.52	1632	3458	<i>Loc. 93</i>
Área común 6	2.07	7.29	161	341	<i>Loc. 95</i>
Área común 6a	0.69	2.43	89	189	<i>Loc. 96</i>
Área común 6b	0.72	2.52	97	206	<i>Loc. 97</i>
Área común 6c	0.68	2.39	117	248	<i>Loc. 98</i>
	<b>110.92</b>	<b>389.92</b>	<b>22,113</b>	<b>46,857</b>	

**Tabla 3.2 Pasillos a SUE, P.B**

<i>Nro de local</i>	<i>T.R</i>	<i>kw</i>	<i>Lts/Seg.</i>	<i>PCM</i>	<i>Observaciones</i>
Área común 9	13.47	47.39	3006	6370	Loc. 101
Área común 10	8.57	30.13	1966	4166	Loc. 102
	<b>22.04</b>	<b>77.52</b>	<b>4,972</b>	<b>10,536</b>	

**Tabla 3.3 SUE, sala de última espera P.B**

<i>Nro de local</i>	<i>T.R</i>	<i>kw</i>	<i>Lts/Seg.</i>	<i>PCM</i>	<i>Observaciones</i>
Área común 11	4.82	16.95	1059	2244	Loc. 103
55	2.62	9.23	609	1290	
56	0.3	1.05	54	114	
57	0.39	1.39	66	140	
58	2.53	8.9	632	1339	
59	3.49	12.29	788	1670	
60	1.41	4.95	306	648	
61	0	0	0	0	
62	0	0	0	0	
63	0.49	1.73	92	195	
64	0.78	2.73	144	305	
	<b>16.83</b>	<b>59.22</b>	<b>3,750</b>	<b>7,946</b>	

**Carga total**

<b>149.79</b>	<b>526.66</b>	<b>30,835</b>	<b>65,339</b>
---------------	---------------	---------------	---------------

**Tabla 3.4. Capacidad Térmica para las áreas de anexo de equipajes, Planta Baja:**

<i>Nro de local</i>	<i>T.R</i>	<i>kw</i>	<i>Lts/Seg.</i>	<i>PCM</i>	<i>Observaciones</i>
Anexo continental	5.41	19.02	1174	2489	
Anexo Aeroméxico	6.59	23.17	1430	3030	
	<b>12</b>	<b>42.19</b>	<b>2,604</b>	<b>5,519</b>	



**Tabla 3.5 Capacidad Térmica por edificios,  
Planta Alta:**

**Edificio Terminal P.A**

<i>Nro de local</i>	<i>T.R</i>	<i>kw</i>	<i>Lts/Seg.</i>	<i>PCM</i>	<i>Observaciones</i>
65	0.80	2.83	174	369	
66	0.68	2.39	142	301	
67	2.19	7.72	488	1034	
68	0.69	2.43	145	307	
69	1.53	5.4	378	801	
70	0.72	2.53	152	322	
71	0.38	1.35	58	123	
72	-	-	-	-	<i>Pasillo</i>
73	-	-	-	-	<i>Cocineta</i>
74	0.41	1.46	67	142	
75	1.04	3.65	194	411	
76	1.34	4.72	293	621	
<i>Área común 15</i>	1.41	4.96	239	506	<i>Loc. 107</i>
<i>Área común 15 A</i>	1.61	5.65	293	621	<i>Común oficinas</i>
<i>Área común 12</i>	2.9	10.21	631	1337	<i>Loc. 104</i>
<i>Área común 14</i>	7.42	26.09	1297	2748	<i>Loc. 106</i>
<i>Área común 16</i>	9.57	33.65	2117	4486	<i>Loc. 108</i>
77	-	-	-	-	<i>Cuarto frío</i>
78	-	-	-	-	<i>Bodega</i>
79	0.94	3.29	208	441	
80	0.50	1.77	121	256	
81	0.84	2.94	180	381	
82	0.79	2.78	172	364	
<i>Área Común 13</i>	1.01	3.56	186	394	<i>Loc. 105</i>
83	3.55	12.49	584	1237	<i>Cocina de restaurante</i>
84	10.11	35.55	1540	3263	<i>Restaurante</i>
85	0.65	2.27	118	250	
86	0.49	1.71	88	186	
87	0.47	1.64	82	174	
87 A	7.37	25.93	1832	3882	
	<b>59.41</b>	<b>208.97</b>	<b>11,779</b>	<b>24,960</b>	



**Tabla 3.6 Pasillos a SUE, sala de última espera P.A.**

<i>Nro de local</i>	<i>T.R</i>	<i>kw</i>	<i>Lts/Seg.</i>	<i>PCM</i>	<i>Observaciones</i>
Área Común 17	19.69	69.25	4289	9088	Loc 109 pasillo a SUE
Área Común 18	10.22	35.93	2425	5139	Loc. 110 pasillo a SUE
	<b>29.91</b>	<b>105.18</b>	<b>6,714</b>	<b>14,227</b>	

**Tabla 3.7 SUE, sala de última espera P.A.**

<i>Nro de local</i>	<i>T.R</i>	<i>kw</i>	<i>Lts/Seg.</i>	<i>PCM</i>	<i>Observaciones</i>
88	0.44	1.53	79	167	Baños mujeres SUE
89	1.70	5.99	383	812	Baños hombres SUE
Área Común 19	27.15	95.48	5904	12511	Loc. 111. SUE
	<b>29.29</b>	<b>103.00</b>	<b>6,366</b>	<b>13,490</b>	

**Carga total**

<b>118.61</b>	<b>417.15</b>	<b>24,859</b>	<b>52,676</b>
---------------	---------------	---------------	---------------

### **Cálculo Térmico.**

El cálculo térmico de las áreas antes mencionadas en las tablas se realizó de la siguiente manera para dar un ejemplo analizaremos el cálculo del balance térmico del local del área de Aduana ubicado en planta baja con el **número 3**, la numeración de los locales como están en las tablas, vienen representadas en el plano (ubicados en el anexo 3-2).

Este cálculo térmico fue desarrollado en hoja de Excel que es representada en la fig. 3.2, donde nos indica que la mayor cantidad de aire que se requiere para esa zona la marca para las 5 pm en el mes de Junio, que es la hora más crítica, para esto se tomó una humedad relativa de 50%, una temperatura interior de 24°C, a condiciones exteriores de 36°C de temperatura de bulbo seco, 26°C de temperatura de bulbo húmedo, para con estos datos hacer nuestra corrección de temperatura de acuerdo a las normas establecidas por la ASHRAE.



Las áreas de muros, techos, tanto exterior como las particiones que pudieran presentarse se metieron en la hoja de cálculo, para obtener las transferencias de calor aplicando sus coeficientes de transmisión y radiación respectivamente determinado en su caso por los materiales que está constituido.

También de acuerdo a la aplicación del local se colocó el número de personas y el calor generado por las personas:

**Calor sensible de 250 BTU/hr.**

**Calor latente de 200 BTU/hr.**

Todos estos valores fueron sacados de normas establecidas por la ASHRAE que se vieron en el capítulo 2.5, visto anteriormente, el resultado nos arrojó un valor de 0.50 toneladas de refrigeración como se puede ver en la siguiente información.

De esta forma se calcularon los diferentes balances térmicos de los locales de las zonas del aeropuerto tanto planta baja como planta alta, que fueron anexadas al final del trabajo como los planos correspondientes del aeropuerto de la ciudad de Tampico.



OBRA: REPROYECTO DEL SISTEMA DE AIRE HVAC, AEROPUERTO DE TAMPICO				
AREA LOCAL 3				
	Text C	36	Fecha:	13/06/2014
	Tint C	24	Realizó:	JCP
	ASNM m	18	Fecha calc:	JUNIO 5 PM
	PRESION BAROME EN MM COL DE HG:	738	Archivo:	
			Latitud:	22
<b>GANANCIAS DE CALOR POR TRANSMISION</b>				
			<b>AREA EN</b>	
<b>PART.</b>	<b>CONCEPTO.</b>		<b>M2</b>	<b>BTU/H</b>
	1 Vidrio normal o especial	20.53	3.00	739.08
	2 Muro tabique rojo 0.15 m	10.07		0.00
	3 Muro block blanco 0.15 m	6.01	9.00	649.08
	4 Techo normal	7.94		0.00
	5 Techo con plafon	5.62		0.00
	6 Techo a hueco interior	3.98		0.00
	7 Techo con plafon a interior	2.82		0.00
	8 Piso a hueco interior	3.49		0.00
	9 Piso plafon a hueco interior	2.61		0.00
	10 Muro tabique rojo 0.15m a int.	5.04		0.00
	11 Vidrio normal o esp. a interior	10.27		0.00
	12 Ductos inyeccion 2.54 cm. aisl.	6.56		0.00
	13 Domo traslucido sin difusor	14.53		0.00
	14 Techo multipanel de 2" esp. c\plafon	1.45		0.00
	15 Otros			0.00
	16 Otros			0.00
				<b>1,388.16</b>
<b>GANANCIAS DE CALOR POR RADIACION EN VIDRIO</b>				
	TIPO DE VIDRIO	0.29 (+A,+B..)		
	TIPO DE DOMO (F.S.)	0.43		
	<b>ORIENTACION</b>		<b>BTU/P2</b>	<b>M2</b>
				<b>BTU/H</b>
	1 NORTE	41	3.00	383.81
	2 NORESTE	9		0.00
	3 ESTE	9		0.00
	4 SURESTE	9		0.00
	5 SUR	9		0.00
	6 SUROESTE	62		0.00
	7 OESTE	148		0.00
	8 NOROESTE	154		0.00
	9 DOMO	176		0.00
				<b>383.81</b>
<b>GANANCIAS DE CALOR POR RADIACION EN MURO Y TECHO</b>				
	COEFICIENTE "U" DEL MURO	0.076 (+U0.325..)		
	COEFICIENTE "U" DEL TECHO S/PLAF	0.123		
	COEFICIENTE "U" DEL TECHO C/PLAF	0.088		
	<b>ORIENTACION</b>		<b>M2</b>	<b>BTU/H</b>
	1 NORTE			0.00
	2 NORESTE			0.00
	3 ESTE			0.00
	4 SURESTE			0.00
	5 SUR			0.00
	6 SUROESTE			0.00
	7 OESTE			0.00
	8 NOROESTE			0.00
	9 TECHO S/PLAF			0.00
	10 TECHO C/PLAF			0.00



GANACIAS DE CALOR INTERNO SENSIBLE				
	BTU/H/PER	PERSONAS	BTU/H	
PERSONAS	200	2	400.00	
	WATTS/M2	M2	BTU/H	
ILUMINACION	20	10	682.00	
		TOTAL HP	BTU/H	
MOTORES ELECTRICOS DE 3F 1HP Y <			0.00	
		TOTAL HP	BTU/H	
MOTORES ELECTRICOS 1F 3/4HP Y >			0.00	
		WATTS	BTU/H	
EQUIPO		350	1,193.50	
			BTU/H	
OTROS				
				<b>2,275.50</b>
LATENTE				
		BTU/H/PER	BTU/H	
PERSONAS		250	500.00	
		BTU/H	BTU/H	
OTROS			0.00	
				<b>500.00</b>
	PCM/PER	H2-H1	BTU/H	
AIRE DE VENTILACION,CARGA TOTAL	7.5	16	1,048.74	<b>1,048.74</b>
TOTAL CALOR SENSIBLE S/TAE			4,047.47	
TOTAL CALOR LATENTE S/TAE			500.00	
GRAN TOTAL SEN + LATENTE + C/TAE			5,596.21	
AIRE TOTAL A MANEJAR EN PCM			<b>172.02</b>	
TONELADAS DE REFRIGERACION TOTALES			<b>0.49</b>	

Fig. 3.2. Hoja de cálculo de carga Térmica Local nro 3



**3.3.- Diagnostico Aeropuerto Tampico.** - En base a los resultados y observaciones del levantamiento técnico y balance térmico se analizará a continuación a el diagnostico técnico.

**Reporte Técnico de los equipos e instalaciones del sistema de aire acondicionado del aeropuerto de Tampico.**

Con los resultados obtenidos del levantamiento técnico de los equipos que actualmente operan en las diferentes instalaciones del aeropuerto se obtuvieron su ubicación, características, modelo y capacidades de suministro de aire como podemos observar en la tabla 3.8.

**Tabla 3.8** Datos de los equipos existentes:

<i>Clave del Aeropuerto</i>	<i>Clave del concurso</i>	<i>Marca / Modelo</i>	<i>Capacidad</i>	<i>Área de suministro.</i>
<i>UMA-P. B</i>	<i>UMA-10</i>	<i>Recold / MH720FC</i>	<i>30 H. P</i>	<i>Planta baja, edificio terminal</i>
<i>UMA-P. A</i>	<i>UMA-05</i>	<i>Recold / MH720FC</i>	<i>30 H. P</i>	<i>Planta alta, edificio terminal</i>
<i>UC-01</i>	<i>UC-01</i>	<i>York / HICA240-250</i>	<i>20 T. R</i>	<i>Planta alta, edificio terminal</i>
<i>UC-02</i>	<i>UC-02</i>	<i>Trane / TTA240B300FA</i>	<i>20 T. R</i>	<i>Planta alta, edificio terminal</i>
<i>UC-03</i>	<i>UC-03</i>	<i>Carrier / 38AKSO34-501</i>	<i>30 T. R</i>	<i>Planta alta, edificio terminal</i>
<i>UC-04</i>	<i>UC-04</i>	<i>Carrier / 38AKSO34-501</i>	<i>30 T. R</i>	<i>Planta alta, edificio terminal</i>
<i>UC-05</i>	<i>UC-09</i>	<i>Carrier / 38AKSO34-501</i>	<i>30 T. R</i>	<i>Planta baja, edificio terminal</i>
<i>UC-06</i>	<i>UC-07</i>	<i>Carrier / 38AKSO24-501</i>	<i>20 T. R</i>	<i>Planta baja, edificio terminal</i>



<i>UC-07</i>	<i>UC-06</i>	<i>York / H1CA240-250</i>	<i>20 T. R</i>	<i>Planta baja, edificio terminal</i>
<i>UC-08</i>	<i>UC-08</i>	<i>Trane / RAUC30FCY03</i>	<i>30 T. R</i>	<i>Planta baja, edificio terminal</i>
<i>UMA-SUE</i>	<i>UMA-00</i>	<i>Carrier / 40RM-034-B611HC</i>	<i>10 H. P</i>	<i>Sala de última espera</i>
<i>UC-09</i>	<i>UC-11</i>	<i>Carrier / 38AKS016-521</i>	<i>15 T. R</i>	<i>Sala de última espera</i>
<i>UC-10</i>	<i>UC-12</i>	<i>Carrier / 38AKS016-521</i>	<i>15 T. R</i>	<i>Sala de última espera</i>
<i>U.P-01</i>	<i>U.P-14</i>	<i>Carrier / 50TF012-511</i>	<i>10 T. R</i>	<i>Pasillo a sala última espera.</i>
<i>U.P-02</i>	<i>U.P-16</i>	<i>Trane / TC060F300BE</i>	<i>5 T. R</i>	<i>Pasillo a sala última espera.</i>
<i>U.P-03</i>	<i>---</i>	<i>Carrier / WSC120EROA06</i>	<i>10 T. R</i>	<i>Anexo de equipaje de Interjet.</i>
<i>U.P-04</i>	<i>---</i>	<i>Carrier / WSC120EROA07</i>	<i>10 T. R</i>	<i>Anexo de equipaje de Aeroméxico.</i>
<i>MS-01</i>	<i>MS-15</i>	<i>Carrier / 38CK036-M-5</i>	<i>3 T. R</i>	<i>Pasillo filtro de Salida.</i>
<i>MS-02</i>	<i>---</i>	<i>Carrier / 38CKC0485670</i>	<i>4 T. R</i>	<i>Pasillo telescópico.</i>
<i>MS-03</i>	<i>---</i>	<i>Carrier / 38XCB362268-C</i>	<i>3 T. R</i>	<i>Pasillo telescópico.</i>



**Estado actual de los equipos.**- A continuación presentamos el reporte técnico del estado actual, mecánico y operacional de los diferentes equipos que conforman el sistema de aire acondicionado del Aeropuerto de Tampico en estudio:

## **Edificio terminal**

### **Unidad manejadora de aire de planta baja, UMA-10.**

- Esta unidad cuenta con cuatro serpentines de expansión directa los cuales presentan lodos y corrosión tal como se puede observar en el reporte fotográfico y el check list del levantamiento. No presenta fugas.
- Por otra parte, se percibe la presencia de fugas en las uniones de las válvulas de paso. Las válvulas solenoide están operando normalmente, el filtro deshidratador no presenta señales de haber sido abierto últimamente.
- Cuenta con un motor eléctrico de 30 H.P (caballo de fuerza), con transmisión de movimiento por medio de poleas y con bandas tipo B. Su estado es normal, no presenta vibraciones ni piezas sueltas, sus chumaceras se encuentran en buen estado sólo con presencia de suciedad.
- Las bandas están en buen estado, sin embargo, están flojas. En cuanto a las poleas se encuentran alineadas.
- La turbina se encuentra sucia con lodos y sarro, además presenta desbalanceo en la flecha.
- Los filtros se encuentran en mal estado, sucios y con corrosión.
- En cuanto a la charola de condensados, presenta fugas y corrosión en varios puntos.
- Para la toma de aire de ventilación cuenta con 3 rejillas de aluminio de 20"x20", las cuales se encuentran sucias y obstruidas con acrílicos.
- Las compuertas para zonificar el flujo de aire son fijas y presentan suciedad.
- Presenta fugas de aire en las uniones con los ductos principales de inyección y retorno.
- Los soportes anti vibratorios presentan deformación normal por el tiempo y las patas tienen corrosión.
- Los contactores, incluyendo sus platinos y elementos térmicos-eléctricos están en buen estado, y el sistema se encuentra centralizado para el arranque/paro del sistema y toma de temperaturas en las áreas suministradas.



Foto 3.4. Filtro sucio y desmontaje de filtro para su revisión.



Foto 3.5. Bandas en buen estado y Flecha de turbina con sarro y desbalanceado.  
(Fuente Levantamiento Aeropuerto Tampico)



### **Unidad manejadora de aire de planta alta, UMA-05.**

- Esta unidad es similar a la UMA-10 de planta baja, del tipo armada en campo, cuenta con cuatro serpentines de expansión directa los cuales presentan lodos tal como se puede observar en el reporte fotográfico y el check list del levantamiento en campo. No presenta fugas.
- Por otra parte, se percibe la presencia de fugas en las uniones de las válvulas de paso. Las válvulas solenoide están operando normalmente, el filtro deshidratador no presenta señales de haber sido abierto últimamente.
- Cuenta con motor eléctrico de 30 H.P (caballo de fuerza), con transmisión de movimiento por medio de poleas y con bandas tipo B. Su estado es normal, no presenta vibraciones ni piezas sueltas, sus chumaceras se encuentran en buen estado sólo con presencia de suciedad.
- Las bandas están en buen estado, sin embargo, están flojas. En cuanto a las poleas se encuentran alineadas.
- La turbina se encuentra sucia con lodos y sarro, pero en general en buen estado.
- Los filtros se encuentran en mal estado, sucios y con corrosión.
- En cuanto a la charola de condensados, se encuentra rota y presenta corrosión en varios puntos.
- No cuenta con toma de aire exterior, las compuertas para zonificar el flujo de aire son manuales y presentan suciedad.
- Presenta fugas de aire en las uniones con los ductos principales de inyección y retorno.
- Los soportes antivibratorios presentan deformación normal por el tiempo y las patas tienen corrosión.
- Los contactores, incluyendo sus platinos y elementos térmicos-eléctricos están en buen estado, y el sistema se encuentra centralizado para el arranque/paro del sistema y toma de temperaturas en las áreas suministradas.



Foto 3.6. Parte interna de UMA-05 y Serpentina sucia y lodo.



Foto 3.7. Fugas en las uniones de ductos y Revisión de turbina.  
(Fuente Levantamiento Aeropuerto Tampico)



### Unidad condensadora UC-01, edificio terminal.

- Esta unidad cuenta con serpentín de expansión directa el cual tiene presencia de lodos y corrosión. No presenta fugas.
- Los ventiladores no presentan vibraciones, ni deformación en la flecha, el estado de las aspas es bueno y no se recalienta el motor eléctrico. Solo presenta suciedad.
- El compresor no presenta vibración ni calentamiento excesivo, solo le hace falta tornillería. El nivel de aceite es bueno sin embargo se encuentra sucio.
- No presenta tacones antivibratorios, el gabinete tiene partes rotas, le falta tornillería, la pintura se encuentra en mal estado y con lodos y corrosión.
- El aislamiento térmico de las tuberías exteriores está dañado en algunas partes y en otras no lo tiene.
- Los contactores, incluyendo sus platinos y elementos térmicos-eléctricos están en buen estado, no presentan vibración y el sistema se encuentra centralizado para el arranque/paro del sistema y toma de temperaturas en las áreas abastecidas.

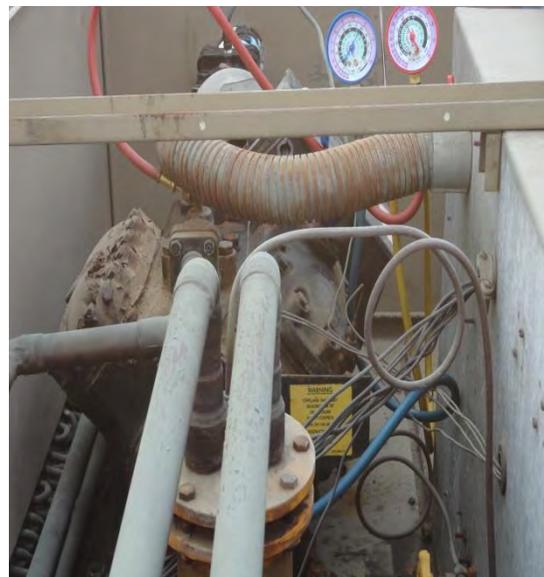


Foto 3.8. Gabinete de U.C. en mal estado y Medición de detección de fuga de gas Refrigerante R-22.

(Fuente Levantamiento Aeropuerto Tampico)



### Unidad condensadora UC-02, edificio terminal.

- Al igual que el caso anterior esta unidad cuenta con serpentín de expansión directa el cual tiene presencia de lodos y corrosión. No presenta fugas.
- Los ventiladores no presentan vibraciones, ni deformación en la flecha, el estado de las aspas es bueno y no se recalienta el motor eléctrico. Solo presenta lodos y sarro.
- El compresor no presenta vibración excesiva, solo le hace falta tornillería.
- El compresor presenta calentamiento en su carcasa y la resistencia eléctrica del cárter, está en buen estado. El nivel de aceite es bueno sin embargo se encuentra sucio.
- Los tacones antivibratorios están en buen estado, el gabinete está completo al igual que la tornillería, la pintura se encuentra en condiciones normales para el tiempo de trabajo, sin embargo, presenta suciedad.
- Al igual que en el caso anterior, el aislamiento térmico de las tuberías exteriores está dañado en algunas partes y en otras no lo tiene.
- El termostato se encuentra operando normalmente.
- Los contactores, incluyendo sus platinos y elementos térmicos-eléctricos están en buen estado, no presentan vibración y el sistema se encuentra centralizado para el arranque/paro del sistema y toma de temperaturas en las áreas abastecidas.



Foto 3.9. Gabinete de U.C-02 en buen estado.  
Serpentines con corrosión y lodo.

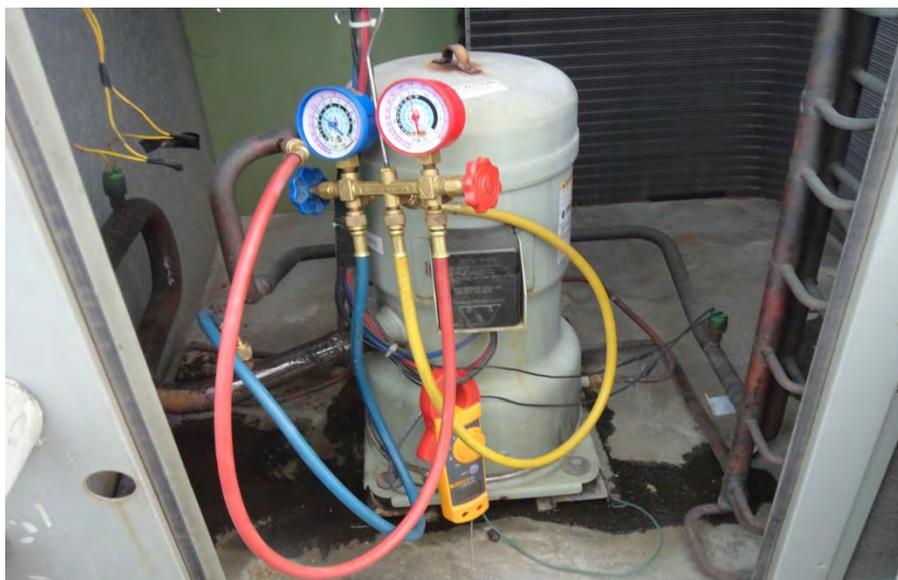


Foto 3.10. Medición de presiones alta y baja para detección de fugas de gas.  
(Fuente Levantamiento Aeropuerto Tampico)

#### **Unidad condensadora UC-03, edificio terminal.**

- Esta unidad cuenta con serpentín de expansión directa el cual tiene presencia excesiva de lodos y corrosión. No presenta fugas.
- Los ventiladores no presentan vibraciones, ni deformación en la flecha, el estado de las aspas es bueno y no se recalienta el motor eléctrico. Solo presenta lodos y sarro. El compresor no presenta vibración excesiva, adecuado nivel de aceite, pero sucio.
- El compresor presenta calentamiento en su carcasa y la resistencia eléctrica del cárter está en buen estado.
- Los tacones antivibratorios están en buen estado, el gabinete está completo al igual que la tornillería, la pintura se encuentra en condiciones normales para el tiempo de trabajo, sin embargo, presenta suciedad.
- De igual forma el aislamiento térmico de las tuberías exteriores está dañado en algunas partes y en otras no lo tiene.
- El termostato se encuentra operando normalmente.
- Los contactores, incluyendo sus platinos y elementos térmicos-eléctricos están en buen estado, no presentan vibración y el sistema se encuentra centralizado para el arranque/paro del sistema y toma de temperaturas en las áreas abastecidas.



Foto 3.11. Características mecánicas y eléctricas de U.C-03.



Foto 3.12. Revisión de motor eléctrico y contactores de U.C-03.  
(Fuente Levantamiento Aeropuerto Tampico)



### Unidad condensadora UC-04, edificio terminal.

- Este equipo cuenta con serpentín de expansión directa el cual tiene presencia de lodos y corrosión. No presenta fugas.
- Los ventiladores no presentan vibraciones, ni deformación en la flecha, el estado de las aspas es bueno y no se recalienta el motor eléctrico.
- El compresor no presenta vibración excesiva, adecuado nivel de aceite y limpio. El compresor presenta calentamiento en su carcasa y la resistencia eléctrica del cárter está en buen estado.
- Los tacones antivibratorios están en buen estado, el gabinete está completo al igual que la tornillería, la pintura se encuentra en condiciones normales para el tiempo de trabajo, sin embargo, presenta suciedad en el interior del equipo.
- De igual forma el aislamiento térmico de las tuberías exteriores está dañado en algunas partes.
- El termostato se encuentra operando normalmente.
- Al igual que en los equipos anteriores los contactores, incluyendo sus platinos y elementos térmicos-eléctricos están en buen estado, no presentan vibración y el sistema se encuentra centralizado para el arranque/paro del sistema y toma de temperaturas en las áreas abastecidas.

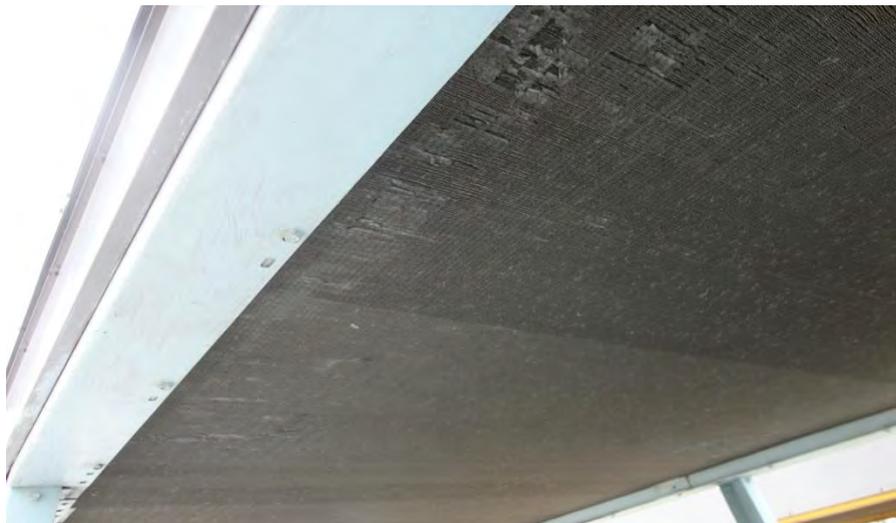


Foto 3.13. Presencia de lodo y suciedad en el serpentín de U.C-04.  
(Fuente Levantamiento Aeropuerto Tampico)



### Unidad condensadora UC-05, edificio terminal.

- Esta unidad cuenta con serpentín de expansión directa el cual tiene presencia excesiva de lodos y las aletas se encuentran rotas por la corrosión (ver fotos del levantamiento). No presenta fugas.
- Los ventiladores no presentan vibraciones, ni deformación en la flecha, el estado de las aspas es bueno y no se recalienta el motor eléctrico. El ventilador se encuentra limpio.
- El compresor no presenta vibración excesiva, adecuado nivel de aceite, pero sucio. El compresor presenta calentamiento en su carcasa y la resistencia eléctrica del cárter está en buen estado.
- No cuenta con tacones antivibratorios, una de las patas del gabinete está rota, la tornillería está completa, la pintura esta opaca por asoleamiento, presenta suciedad al exterior e interior del gabinete.
- El aislamiento térmico de las tuberías exteriores está dañado en algunas partes y en otras está incompleto.
- El termostato se encuentra operando normalmente.
- Los contactores, incluyendo sus platinos y elementos térmicos-eléctricos están en buen estado, no presentan vibración y el sistema se encuentra centralizado para el arranque/paro del sistema y toma de temperaturas en las áreas abastecidas.

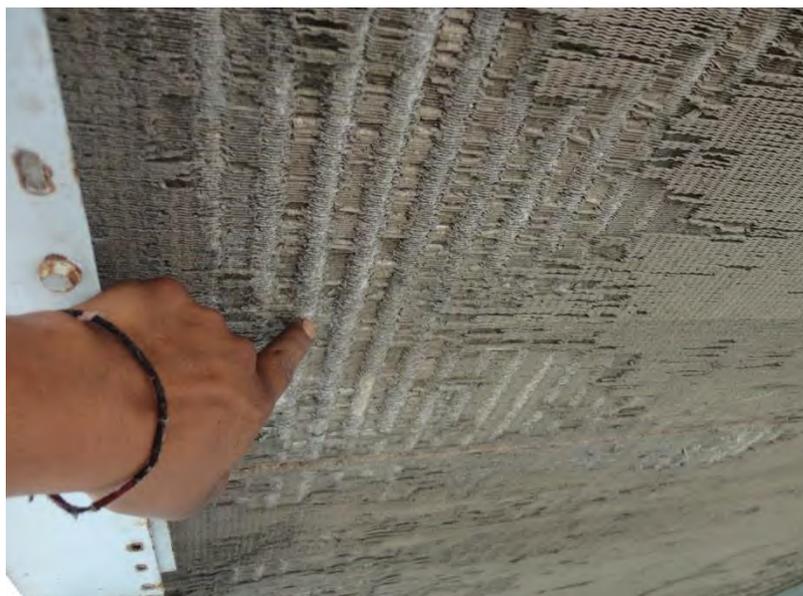


Foto 3.14. Presencia excesiva de lodo y aletas rotas por corrosión U.C-05.



Foto 3.15. Aspas del ventilador en buen estado y limpias.  
(Fuente Levantamiento Aeropuerto Tampico)

#### **Unidad condensadora UC-06, edificio terminal.**

- Esta unidad cuenta con serpentín de expansión directa el cual tiene presencia de lodos y corrosión. No presenta fugas.
- Los ventiladores no presentan vibraciones, ni deformación en la flecha, el estado de las aspas es bueno y no se recalienta el motor eléctrico.
- El compresor no presenta vibración excesiva, adecuado nivel de aceite y limpio. El compresor presenta calentamiento en su carcasa y la resistencia eléctrica del carter está en buen estado.
- Los tacones antivibratorios están en buen estado, el gabinete está completo al igual que la tornillería, la pintura se encuentra en condiciones normales para el tiempo de trabajo, sin embargo, presenta suciedad al interior y exterior.
- De igual forma el aislamiento térmico de las tuberías exteriores está dañado en algunas partes y en otras está incompleto. El termostato se encuentra operando normalmente.
- Como en todos los casos los contactores, incluyendo sus platinos y elementos térmicos-eléctricos están en buen estado, no presentan vibración y el sistema se encuentra centralizado para el arranque/paro del sistema y toma de temperaturas en las áreas abastecidas.



### **Unidad condensadora UC-07, edificio terminal.**

- Esta unidad cuenta con serpentín de expansión directa el cual tiene presencia excesiva de lodos, las aletas están rotas en algunas partes por la corrosión. No presenta fugas.
- Los ventiladores tienen vibración, debido al desbalanceamiento de las 3 aspas, no presentan deformación en la flecha, los bujes presentan oxidación y no se recalienta el motor eléctrico.
- El compresor no presenta vibración excesiva, le hace falta tornillería, adecuado nivel de aceite y sucio. El compresor no presenta calentamiento excesivo en su carcasa y la resistencia eléctrica del cárter está en buen estado. Las válvulas de servicios están oxidadas, eliminando los puntos de medición.
- Los tacones antivibratorios están en buen estado, el gabinete presenta daños en las tapas de los controles, falta tornillería y la pintura se encuentra en malas condiciones.
- De igual forma el aislamiento térmico de las tuberías exteriores está dañado en algunas partes y en otras está incompleto.
- El termostato se encuentra operando normalmente. El tubo capilar se encuentra suelto fuera del equipo.
- Como en todos los casos los contactores y sus elementos térmico-eléctricos están en buen estado, los platinos están secos, no presentan vibración y el sistema se encuentra centralizado para el arranque/paro del sistema y toma de temperaturas en las áreas abastecidas.



Foto 3.16. Gabinete dañado y pintura en malas condiciones U.C-07.

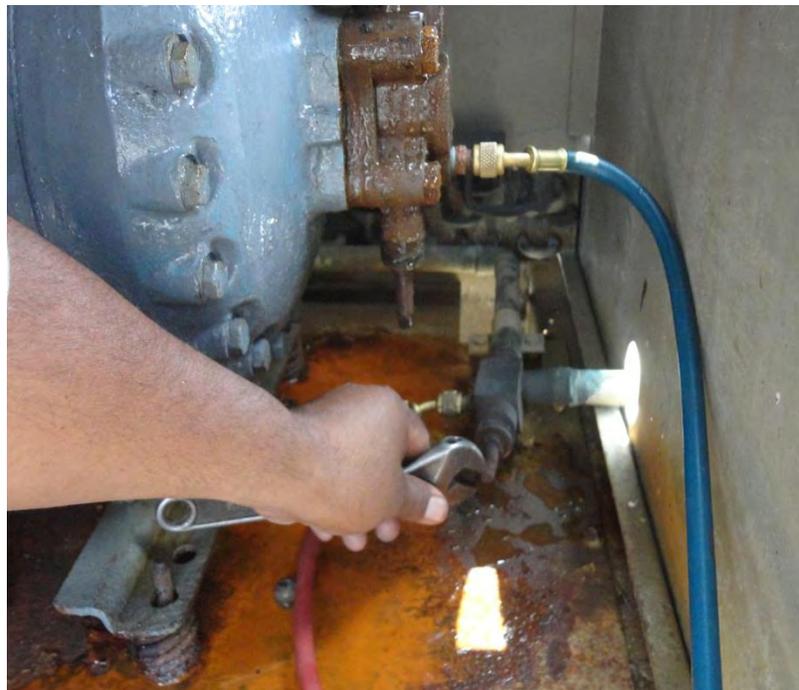


Foto 3.17. Válvulas de servicio en mal estado.  
(Fuente Levantamiento Aeropuerto Tampico)



### Unidad condensadora UC-08, edificio terminal.

- Esta unidad cuenta con serpentín de expansión directa el cual tiene presencia de lodos, las aletas se encuentran rotas y obstruidas. No presenta fugas.
- Los ventiladores no presentan vibraciones, ni deformación en la flecha, el estado de las aspas es bueno y no se recalienta el motor eléctrico.
- El compresor no presenta vibración excesiva, la mirilla indicadora del nivel de aceite está dañada. El compresor presenta calentamiento en su carcasa y la resistencia eléctrica del cárter está en buen estado.
- Los tacones antivibratorios están en buen estado, la tornillería está completa, la pintura se encuentra en condiciones normales para el tiempo de trabajo, sin embargo, presenta suciedad al interior.
- De igual forma el aislamiento térmico de las tuberías exteriores está dañado en algunas partes y en otras está incompleto.
- El termostato se encuentra operando normalmente.
- Como en todos los casos los contactores, incluyendo sus platinos y elementos térmicos-eléctricos están en buen estado, no presentan vibración y el sistema se encuentra centralizado para el arranque/paro del sistema y toma de temperaturas en las áreas abastecidas.



Foto 3.18. Presencia de lodo, aletas rotas y obstruidas U.C-08.



Foto 3.19. Mirilla para revisar nivel de aceite con corrosión.  
(Fuente Levantamiento Aeropuerto Tampico)

### **Edificio Sala de última espera**

#### **Unidad manejadora de aire UMA-09.**

- Esta unidad cuenta con cuatro serpentines de expansión directa los cuales presentan lodos y corrosión. No presenta fugas.
- Cuenta con motor eléctrico de 10 H.P (caballo de fuerza), con transmisión de movimiento por medio de poleas y con bandas tipo B. Su estado es normal, no presenta vibraciones ni piezas sueltas, sus chumaceras se encuentran en buen estado sólo con presencia de suciedad.
- Las bandas están en buen estado, sin embargo, están flojas. En cuanto a las poleas se encuentran alineadas.
- La turbina se encuentra sucia con lodos y sarro, la flecha está alineada.
- Los filtros se encuentran en mal estado, sucios y con corrosión.



- En cuanto a la charola de condensados, presenta fugas y corrosión en varios puntos.
- Presenta fugas de aire y corrosión en las uniones con los ductos principales de inyección y retorno.
- Los contactores, incluyendo sus platinos y elementos térmicos-eléctricos están en buen estado, y el sistema se encuentra centralizado para el arranque/paro del sistema y toma de temperaturas en las áreas suministradas.



Foto 3.20. Presencia de orificios en ductos principales de inyección Unidad Manejadora de Aire UMA-09.  
(Fuente Levantamiento Aeropuerto Tampico)



Foto 3.21. Aislamiento de ductos dañados UMA-09.  
(Fuente Levantamiento Aeropuerto Tampico)

### Unidad condensadora UC-09.

- Esta unidad cuenta con serpentín de expansión directa el cual tiene presencia de lodos. Las aletas se encuentran en buen estado y no presenta fugas.
- Los ventiladores no presentan vibraciones, ni deformación en la flecha, el estado de las aspas es bueno y no se recalienta el motor eléctrico. Sólo tenemos presencia de suciedad.
- El compresor no presenta vibración excesiva, sin embargo, le falta tornillería, tiene bajo nivel de aceite y presenta fugas en las uniones soldables. El compresor no presenta calentamiento en su carcasa y la resistencia eléctrica del cárter está en buen estado.
- Los tacones antivibratorios están en buen estado, la tornillería está completa, la pintura se encuentra opaca por las condiciones normales del tiempo de trabajo, sin embargo, presenta suciedad interior y exterior.
- De igual forma el aislamiento térmico de las tuberías exteriores está dañado en algunas partes y en otras está incompleto.
- El termostato se encuentra operando normalmente.



- Como en todos los casos los contactores, incluyendo sus platinos y elementos térmicos-eléctricos están en buen estado, no presentan vibración y el sistema se encuentra centralizado para el arranque/paro del sistema y toma de temperaturas en las áreas abastecidas.

#### **Unidad condensadora UC-10.**

- Esta unidad cuenta con serpentín de expansión directa el cual tiene presencia de lodos. Las aletas se encuentran en buen estado y no presenta fugas.
- Solo funciona un ventilador, sin embargo, el otro no presenta vibraciones, ni deformación en la flecha, el estado de las aspas es bueno y no se recalienta el motor eléctrico. Sólo tenemos presencia de suciedad.
- El compresor no presenta vibración excesiva, sin embargo, le falta tornillería, tiene bajo nivel de aceite y presenta fugas en las uniones soldables. El compresor no presenta calentamiento en su carcaza y la resistencia eléctrica del cárter está en buen estado.
- Los tacones antivibratorios están en buen estado, la tornillería está completa, la pintura se encuentra opaca por las condiciones normales del tiempo de trabajo, sin embargo, presenta suciedad interior y exterior.
- De igual forma el aislamiento térmico de las tuberías exteriores está dañado en algunas partes y en otras está incompleto.
- El termostato se encuentra operando normalmente.
- Como en todos los casos los contactores, incluyendo sus platinos y elementos térmicos-eléctricos están en buen estado, no presentan vibración y el sistema se encuentra centralizado para el arranque/paro del sistema y toma de temperaturas en las áreas abastecidas.



Foto 3.22. Estado actual de U.C-09 y U.C-10  
(Fuente Levantamiento Aeropuerto Tampico)



Foto 3.23. Lectura de medición para detectar fugas de refrigerante U.C-09



Foto 3.24. Revisión de nivel de aceite U.C-10  
(Fuente Levantamiento Aeropuerto Tampico)



## **Pasillo a sala ultima espera**

### **Unidad paquete UP-01.**

- Los serpentines del evaporador y condensador presentan incrustaciones, sin embargo, tanto las hileras como las aletas se encuentran en buen estado y no hay fugas.
- La flecha del motor del evaporador se encuentra alineada, los baleros están en buen estado. Cuenta con transmisión por poleas y bandas, de las cuales las poleas están alineadas, las bandas presentan desgaste de trabajo y están flojas.
- Los ventiladores del condensador no presentan vibraciones anormales, ni deformación en la flecha de la turbina, el estado de las aspas y rodamientos es bueno, y no se recalientan los motores eléctricos. Sólo tenemos presencia de suciedad.
- El compresor no presenta vibración excesiva, cuenta con la tornillería completa, sin ruidos extraños y no tiene calentamiento en su carcasa.
- El gabinete del equipo presenta corrosión, le hace falta tornillería, la pintura esta quemada, y presenta suciedad interior y exterior. La charola presenta oxidación, sin embargo, no se encuentra obstruida.
- El aislamiento térmico del equipo se encuentra roto e incompleto, mientras que el aislamiento térmico de las tuberías exteriores está dañado en algunas partes y en otras está incompleto.
- El termostato se encuentra operando normalmente.
- Los contactores, incluyendo sus platinos y elementos térmicos-eléctricos están en buen estado, no presentan vibración y el sistema se encuentra centralizado para el arranque/paro del sistema y toma de temperaturas en las áreas abastecidas.

### **Unidad paquete UP-02.**

- Los serpentines del evaporador y condensador presentan incrustaciones, sin embargo, tanto hileras como las aletas se encuentran en buen estado y no hay fugas.
- La flecha del motor del evaporador se encuentra alineada, los baleros están en buen estado y no hay vibración mayor. Cuenta con transmisión directa, la cual se encuentra en buen estado y sólo tenemos presencia de suciedad en todos estos mecanismos.



- Los ventiladores del condensador no presentan vibraciones anormales, ni deformación en la flecha de la turbina, el estado de las aspas y rodamientos es bueno, y no se recalientan los motores eléctricos.
- El compresor no presenta vibración excesiva, cuenta con la tornillería completa, sin ruidos extraños y no tiene calentamiento en su carcasa.
- El gabinete del equipo está completo al igual que su tornillería, no tiene tacones antivibratorios, la pintura se encuentra opaca por el tiempo de vida del mismo, y presenta suciedad interior y exterior. La charola de condensados está sucia, sin embargo, no se encuentra obstruida.
- El aislamiento térmico del equipo se encuentra completo sin embargo presenta desgaste normal. Así mismo el aislamiento térmico de las tuberías exteriores que llegan al equipo están dañadas en algunas partes y en otras están incompletas. Algo similar sucede con los ductos.
- El termostato se encuentra operando normalmente.
- Los contactores, incluyendo sus platinos y elementos térmicos-eléctricos están en buen estado, no presentan vibración y el sistema se encuentra centralizado para el arranque/paro del sistema y toma de temperaturas en las áreas abastecidas.



Foto 3.25. Presencia de corrosión en la charola de U.P-01



Foto 3.26. Aislamiento térmico de ductos y tuberías dañado U.P-02  
(Fuente Levantamiento Aeropuerto Tampico)

## Área manejo de equipaje de Continental

### Unidad paquete UP-03.

- Este equipo es nuevo, tiene los serpentines-aletas del evaporador y condensador en buen estado. No presenta fugas.
- La flecha del motor del evaporador se encuentra alineada, los baleros están en buen estado.
- Los ventiladores del condensador no presentan vibraciones anormales, ni deformación en la flecha de la turbina, el estado de las aspas y rodamientos es bueno, y no se recalientan los motores eléctricos.
- El compresor no presenta vibración excesiva, cuenta con la tornillería completa, sin ruidos extraños y no tiene calentamiento en su carcasa.
- El gabinete del equipo está completo al igual que la tornillería y la pintura. La charola está en buen estado y no se encuentra obstruida. El aislamiento térmico del equipo se encuentra completo.
- El termostato se encuentra operando normalmente.



- Los contactores, incluyendo sus platinos y elementos térmicos-eléctricos están en buen estado, no presentan vibración y el sistema se encuentra centralizado para el arranque/paro del sistema y toma de temperaturas en las áreas abastecidas.

## **Área manejo de equipaje de Aeroméxico**

### **Unidad paquete UP-04.**

- Este equipo también es nuevo, y tiene los serpentines-aletas del evaporador y condensador en buen estado. No presenta fugas.
- La flecha del motor del evaporador se encuentra alineada, los baleros están en buen estado.
- Los ventiladores del condensador no presentan vibraciones anormales, ni deformación en la flecha de la turbina, el estado de las aspas y rodamientos es bueno, y no se recalientan los motores eléctricos.
- El compresor no presenta vibración excesiva, cuenta con la tornillería completa, sin ruidos extraños y no tiene calentamiento en su carcasa.
- El gabinete del equipo está completo al igual que la tornillería y la pintura. La charola está en buen estado y no se encuentra obstruida. El aislamiento térmico del equipo se encuentra completo. Solo presenta suciedad interior.
- El termostato se encuentra operando normalmente.
- Los contactores, incluyendo sus platinos y elementos térmicos-eléctricos están en buen estado, no presentan vibración y el sistema se encuentra centralizado para el arranque/paro del sistema y toma de temperaturas en las áreas abastecidas.



## **Pasillo de filtro de abordar**

### **Unidad mini split MS-01.**

- Los serpentines y aletas del evaporador y condensador se encuentran en buen estado y no hay fugas, solo presentan suciedad. Cuenta con indicador de líquido, el cual está en estado normal.
- La flecha del motor del evaporador se encuentra alineada, los baleros están en buen estado y el rotor está sucio. Mientras que el ventilador del condensador no presenta vibraciones anormales, ni deformación en la flecha, el estado de las aspas y rodamientos es bueno, y no se recalientan los motores eléctricos.
- Los cambios de velocidad del evaporador son normales, alta, media y baja.
- El compresor no presenta vibración excesiva, cuenta con la tornillería completa, sin ruidos extraños y no tiene calentamiento en su carcasa.
- El gabinete del equipo está completo al igual que la tornillería, la pintura esta opaca por el tiempo de vida. La charola está completa pero sucia y no se encuentra obstruida. No cuenta con tacones de hule.
- El aislamiento térmico de las tuberías exteriores se encuentra dañado e incompleto.
- No cuenta con control local o inalámbrico, está operando directo desde el interruptor de la UP-01, no está dentro de la red centralizada de ahorro de energía.



Foto 3.27. Unidad Evaporadora en buen estado M.S.-01  
(Fuente Levantamiento Aeropuerto Tampico)

## Pasillo Telescópico

### Unidad mini split MS-02.

- Los serpentines y aletas del evaporador se encuentran en mal estado, mientras que el del condensador se encuentran en buen estado, no presentan fugas solo suciedad. Cuenta con indicador de líquido, el cual está en estado normal.
- La flecha del motor del evaporador se encuentra alineada, los baleros están en buen estado y el rotor está sucio. Mientras que el ventilador del condensador no presenta vibraciones anormales, ni deformación en la flecha, el estado de las aspas y rodamientos es bueno, y no se recalientan los motores eléctricos.
- Los cambios de velocidad del evaporador son normales, alta, media y baja.
- El compresor no presenta vibración excesiva, cuenta con la tornillería completa, sin ruidos extraños y presenta calentamiento en su carcasa.



- El gabinete del equipo está completo al igual que la tornillería, la pintura esta opaca por el tiempo de vida. La charola está completa pero sucia y no se encuentra obstruida. No cuenta con tacones de hule.
- No cuenta con control local o inalámbrico, está operando directo desde su interruptor termo magnético
- No está dentro de la red centralizada de ahorro de energía.



Foto 3.28. Serpentín de Unidad Evaporadora en mal estado M.S-02  
(Fuente Levantamiento Aeropuerto Tampico)

### Unidad mini split MS-03.

- Los serpentines y aletas del evaporador se encuentran en mal estado, mientras que el del condensador se encuentran en buen estado, no presentan fugas solo suciedad. Cuenta con indicador de líquido, el cual está en estado normal.
- La flecha del motor del evaporador se encuentra alineada, los baleros están en buen estado y el rotor está sucio. Mientras que el ventilador del condensador no presenta vibraciones anormales, ni deformación en la flecha, el estado de las aspas y rodamientos es bueno, y no se recalientan los motores eléctricos.
- Los cambios de velocidad del evaporador son normales, alta, media y baja.
- El compresor no presenta vibración excesiva, cuenta con la tornillería completa, sin ruidos extraños y presenta calentamiento en su carcasa.



- El gabinete del equipo está dañado, la pintura esta opaca por el tiempo de vida. La charola está completa pero sucia y no se encuentra obstruida. No cuenta con tacones de hule.
- El aislamiento térmico de las tuberías exteriores se encuentra en buen estado.
- Cuenta con control local, está operando directo desde el interruptor térmico.
- No está dentro de la red centralizada de ahorro de energía.



Foto 3.29. Unidad Evaporadora en mal estado M.S-03  
(Fuente Levantamiento Aeropuerto Tampico)

#### **Unidad mini split MS-04.**

- Los serpentines y aletas del evaporador y condensador se encuentran en mal estado sin embargo no hay fugas, pero presentan exceso de incrustaciones. Cuenta con indicador de líquido, el cual está en estado normal.
- La flecha del motor del evaporador se encuentra alineada, los baleros están en buen estado y el rotor está sucio. Mientras que el ventilador del condensador no presenta vibraciones anormales, ni deformación en la



flecha, el estado de las aspas y rodamientos es bueno, y no se recalientan los motores eléctricos.

- Los cambios de velocidad del evaporador son normales, alta, media y baja.
- El compresor no presenta vibración excesiva, cuenta con la tornillería completa, sin ruidos extraños y presenta calentamiento en su carcasa.
- El gabinete del equipo está dañado, la pintura esta opaca por el tiempo de vida y presenta suciedad. La charola está completa pero sucia y no se encuentra obstruida. No cuenta con tacones de hule.
- El aislamiento térmico de las tuberías exteriores se encuentra en dañado e incompleto.
- No cuenta con control local o inalámbrico, está operando directo desde su interruptor termomagnético.
- No está dentro de la red centralizada de ahorro de energía.



Foto 3.30. Unidad Evaporadora en mal estado M.S-04  
(Fuente Levantamiento Aeropuerto Tampico)

**Diagnóstico del sistema actual:**

De acuerdo al reporte técnico mencionado anteriormente se detectaron los problemas de operación en los equipos y sistemas de aire acondicionado, los cuales describimos a continuación:

**Edificio terminal:**

<b>Equipo</b>	<b>Descripción</b>
Unidad Manejadora de Aire <b>UMA-10</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiene la flecha de la turbina desbalanceada, la base corroída.</li><li>• La charola de condensados tiene fugas por ruptura,</li><li>• Los filtros para retención de partículas suspendidas están dañados y presenta fugas de aire en las uniones con los ductos principales.</li><li>• Además, tiene fugas en válvulas y conexiones de refrigeración, así como falta de mantenimiento general, lubricación y tensado de bandas de movimiento.</li></ul>
Unidad Manejadora de Aire <b>UMA-05</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiene la base corroída, la charola de condensados tiene fugas por ruptura.</li><li>• Los filtros para retención de partículas suspendidas están dañados y presenta fugas de aire en las uniones con los ductos principales.</li><li>• Además, tiene fugas en válvulas y conexiones de refrigeración, así como falta de mantenimiento general, lubricación y tensado de bandas de movimiento.</li></ul>
Unidad Condensadora <b>UC-01</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Además, tiene fugas en válvulas y conexiones de refrigeración, así como falta de mantenimiento general, lubricación y tensado de bandas de movimiento.</li><li>• Internamente está en buen estado, aunque le hace falta mantenimiento general, cambio de aceite y carga de gas refrigerante.</li></ul>
Unidad Condensadora <b>UC-02</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se encuentra en buen estado general, le hace falta tornillería en el compresor y mantenimiento general y cambio de aceite.</li></ul>



Unidad Condensadora <b>UC-03</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• También está en buen estado, y le falta mantenimiento general, carga de gas refrigerante y cambio de aceite.</li></ul>
Unidad Condensadora <b>UC-04</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Está en buen estado y le hace falta mantenimiento general.</li></ul>
Unidad Condensadora <b>UC-05</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiene las aletas del serpentín dañadas por la corrosión, tal como se puede observar en las fotos del levantamiento de este equipo.</li><li>• Le hace falta mantenimiento general y cambio de aceite.</li></ul>
Unidad Condensadora <b>UC-06</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• De igual forma está en buen estado y le hace falta mantenimiento general.</li></ul>
Unidad Condensadora <b>UC-07</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiene las aletas del serpentín dañadas por la corrosión, así mismo tiene daños en la tapa de los controles, vibración en los ventiladores por el desbalanceo de las aspas, bujes oxidados, al igual que los puertos de servicio-medición y el tubo capilar está suelto afuera de la máquina.</li><li>• Le hace falta mantenimiento general, carga de gas refrigerante y se requiere cambio de aceite.</li></ul>
Unidad Condensadora <b>UC-08</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiene las aletas dañadas por la corrosión.</li><li>• La mirilla indicadora del nivel de aceite está dañada.</li><li>• Le hace falta mantenimiento general, carga de gas refrigerante y cambio de aceite.</li></ul>

**Edificio sala de última espera:**

<b>Equipo</b>	<b>Descripción</b>
Unidad Manejadora de Aire <b>UMA-09</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiene los filtros para retención de partículas tapados.</li><li>• Presenta fugas de aire en las uniones con los ductos principales, los cuales presentan corrosión.</li><li>• Le hace falta mantenimiento general, lubricación y tensado de bandas de movimiento.</li></ul>
Unidad Condensadora <b>UC-09</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiene bajo nivel de aceite y presenta fugas en las uniones soldables</li><li>• Le hace falta mantenimiento general y carga de gas refrigerante.</li></ul>
Unidad Condensadora <b>UC-10</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiene bajo nivel de aceite y presenta fugas en las uniones soldables.</li><li>• Le hace falta mantenimiento general y carga de gas refrigerante.</li></ul>

**Pasillo a sala de última espera:**

<b>Equipo</b>	<b>Descripción</b>
Unidad Paquete <b>UP-01</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiene oxidación en su gabinete por la corrosión al igual que en su charola de condensados, sin embargo, internamente se encuentra en buen estado.</li><li>• Le hace falta mantenimiento general.</li></ul>
Unidad Paquete <b>UP-02</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• se encuentra en buenas condiciones, sin embargo, le hace falta mantenimiento general.</li><li>• El aislamiento de los ductos se encuentra dañado.</li></ul>

**Área de manejo de equipaje de Interjet-Continental:**

<b>Equipo</b>	<b>Descripción</b>
Unidad Paquete <b>UP-03</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Es Equipo nuevo, tienen todos sus mecanismos en perfectas condiciones, solo requiere mantenimiento general.</li></ul>

**Área de manejo de equipaje de Aeroméxico:**

<b>Equipo</b>	<b>Descripción</b>
Unidad Paquete <b>UP-04</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Es Equipo nuevo, tienen todos sus mecanismos en perfectas condiciones, solo requiere mantenimiento general.</li></ul>

**Pasillo de filtro de abordar:**

<b>Equipo</b>	<b>Descripción</b>
Unidad Multi-split <b>MS-01</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Se encuentra en buen estado general, la turbina del evaporador está sucia, le hace falta mantenimiento preventivo.</li></ul>



**Pasillo telescópico:**

<b>Equipo</b>	<b>Descripción</b>
Unidad Multi-split <b>MS-02</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Presenta corrosión en el serpentín del evaporador, en términos generales se encuentra en buen estado.</li><li>• La turbina del evaporador está sucia, le hace falta mantenimiento preventivo.</li></ul>
Unidad Multi-split <b>MS-03</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiene corrosión en el serpentín del evaporador.</li><li>• El gabinete del mismo está dañado.</li><li>• La turbina del evaporador está sucia y le hace falta mantenimiento preventivo.</li></ul>
Unidad Multi-split <b>MS-04</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tiene corrosión en el serpentín del evaporador.</li><li>• El gabinete del mismo está dañado.</li><li>• La turbina del evaporador está sucia y le hace falta mantenimiento preventivo.</li></ul>



De acuerdo al balance térmico por zonas y general, se requiere abatir una carga en Toneladas de Refrigeración de:

Área	Capacidad térmica (Rediseño)	Capacidad térmica (Actual)	Observación
Planta baja del edificio terminal	110 T. R	100 T. R	50% de los equipos dañados.
Planta alta del edificio terminal	60 T. R	100 T. R	50% de los equipos dañados.
Planta baja de sala de última espera	17 T. R	-	No está acondicionada.
Planta alta de sala de última espera	30 T. R	30 T. R	50% de los equipos dañados.
Pasillo a SUE planta baja.	22 T. R	-	No está acondicionada.
Pasillo a SUE planta alta.	30 T. R	18 T. R	Baja capacidad disponible.
Anexo de Continental	6 T. R	10 T. R	Capacidad suficiente disponible.
Anexo de Aeroméxico	7 T. R	10 T. R	Capacidad suficiente disponible.
<b>TOTAL</b>	<b>282 T. R</b>	<b>268 T. R</b>	



De acuerdo al balance térmico, la cantidad de aire que se requiere suministrar es:

Área	Cantidad de aire (Rediseño)	Cantidad de aire (Actual)	Observación
Ambulatorio sureste P.B, edificio terminal.	5,860 PCM	3,600 PCM	Inadecuada distribución.
Mostradores y oficinas Aviaca-AeroMéxico.	3,430 PCM	3,720 PCM	Capacidad suficiente.
Ambulatorio noroeste P.B, edificio terminal.	5,730 PCM	8,000 PCM	Capacidad suficiente.
Mostradores y oficinas Continental-Interjet.	2,410 PCM	2,850 PCM	Capacidad suficiente.
Ambulatorio centro P.B, edificio terminal.	7,280 PCM	5,100 PCM	Inadecuada distribución.
Oficinas PFP y Migración.	1,790 PCM	3,360 PCM	Capacidad suficiente.
Zona de Aduana y salón oficial.	5,020 PCM	5,920 PCM	Capacidad suficiente.
Reclamo de equipaje.	11,460 PCM	8,560 PCM	Inadecuada distribución.
Pasillo a SUE planta baja.	10,540 PCM	-	No está acondicionado.
Oficinas planta baja, edificio sala última espera.	7,950 PCM	-	No está acondicionado.
Oficinas planta alta, edificio terminal	9,810 PCM	9,400 PCM	Capacidad suficiente.
Sala de espera planta alta, edificio terminal.	5,000 PCM	7,810 PCM	Capacidad suficiente.



Restaurante planta alta, edificio terminal.	3,270 PCM	-	No está acondicionado.
Filtro de acceso planta alta.	2,250 PCM	2,200 PCM	Capacidad suficiente.
Pasillo a SUE planta alta.	14,230 PCM	3,750 PCM	Falta manejo de aire
Sala de última espera planta alta.	13,490 PCM	6,800 PCM	Inadecuada distribución.

Conclusiones:

- De lo anterior podemos observar que en capacidad de enfriamiento tenemos un déficit de aproximadamente 114 T.R, equivalente al 40% de la capacidad requerida.
- Esta se manifiesta principalmente en las áreas de: planta baja del edificio terminal (50% de la capacidad requerida), pasillo de llegadas P.B y P.A, y oficinas de planta baja del edificio de SUE.
- Respecto a la cantidad de aire se tiene una inadecuada distribución de aire, llegando a tener un desabasto de hasta 50% de la capacidad requerida en algunas zonas del edificio terminal y de la SUE planta alta.



### 3.4.- Sugerencias de mejora del Sistema:

#### Requerimiento para mejora del sistema

En base al estudio de cargas térmicas y del diagnóstico de los equipos existentes, se sugiere realizar las siguientes actividades:

- Sustitución de las unidades manejadoras de aire existentes del edificio principal, UMA-01, 02.
- Las unidades manejadoras de aire actuales localizadas en el cuarto de máquinas de planta baja del edificio terminal del aeropuerto y que alimentan planta baja y planta alta respectivamente, se encuentran en mal estado por el tiempo de uso.
- Sustitución de las unidades condensadoras existentes localizadas en la azotea del edificio terminal, UC-01, 05 (serpentín dañado), 07 y 08 (serpentín dañado).
- Mantenimiento general a todos los equipos a reutilizar, que incluye: limpieza, reparación de gabinetes, reparación de ductos, de forros, cambio de piezas dañadas, lubricación, cambio de aceite y carga de gas
- refrigerante, según reporte del diagnóstico de los equipos anteriormente descritos.
- Reubicación de la unidad paquete existente UP-01 para alimentar el restaurante de planta alta.
- Rediseño y zonificación de la red de ductos de distribución de aire de planta baja y planta alta del edificio terminal.
- Rediseño y zonificación de la red de ductos de distribución de aire de planta alta de la sala de última espera.
- Acondicionamiento de las áreas de pasillos de planta baja y planta alta que conectan a las SUE.
- Acondicionamiento de las oficinas de planta baja de la SUE.
- Implementación del proyecto de reingeniería del sistema de aire acondicionado del edificio terminal, pasillos a SUE y edificio de sala de última espera del aeropuerto de Tampico.



## CONCLUSIONES

En el trabajo de tesis realizado sobre el caso de aplicación en el aeropuerto de la ciudad de Tampico, una vez terminado el análisis del estudio realizado se puede establecer que los resultados arrojados nos indican que la capacidad de enfriamiento de aire en las diferentes áreas zonificadas del aeropuerto no es la adecuada debido a las siguientes condiciones:

- Algunas áreas del aeropuerto no tienen la suficiente capacidad de enfriamiento, razón por la cual al realizarse el cálculo del balance térmico se determinó que algunas áreas estaban dentro del rango de la capacidad de los equipos existentes e instalados. Otras áreas indicaban que les faltaba capacidad de enfriamiento de aire ya sea porque en su momento esas áreas a acondicionar eran pequeñas o tenían otras aplicaciones, puede darse que en el mayor de los casos no se realizó de forma adecuada el cálculo de determinación de la carga térmica.
- Otro problema que se presentó en el análisis el estudio realizado que influía en el buen desempeño del sistema de aire acondicionado fue que no se brindó el mantenimiento adecuado periódicamente a ciertos equipos operando de esta manera en bajas condiciones a su operación normal. La eficiencia de operación era menor, para evitar esos problemas de operación y efectividad se propone llevar una ejecución de mantenimiento en forma periódica ya sea a equipos, accesorios, tuberías, ductos, etc.
- Un punto importante en el trabajo realizado fue el mal manejo en la distribución del aire que puede deberse al mal dimensionamiento y selección de ductos, equipos, tuberías y también al crecimiento de las áreas seleccionadas, el cual debe calcularse para su buena aplicación.
- También hay áreas que no cuentan con sistema de acondicionamiento de aire para las cuales se debe implementar un proyecto de reingeniería del sistema de aire acondicionado de áreas como el edificio terminal, pasillos a SUE y edificio de sala de última espera del aeropuerto de Tampico.



**ANEXO**

**A.3-1 Tabla de normas y especificaciones para estudios, proyectos e instalaciones.**

LUGAR DE LA REPÚBLICA	UBICACIÓN GEOGRÁFICA			DATOS DE VERANO					DATOS DE INVIERNO			
	Latitud N	Longitud O	A.S.N.M m	Presión Barométrica		Temperatura Prom. Máx. Ext. °C	Temperatura de Cálculo °C		Grados día Anuales °C	Temperatura Prom. Mín. Ext. °C	Temperatura de Cálculo °C	Grados día Anuales °C
				mb	mm Hg		BS	BH				
<b>SONORA</b>												
Guaymas	27° 55'	110° 53'	4	1013	756	47	42	27	1809	7.0	11	---
Hermosillo	29° 05'	110° 58'	211	989	742	45.0	41	28	1875	2.0	8	84
Nogales	30° 21'	110° 58'	1117	885	664	41.0	37	26	655	-9.0	-4	979
Ciudad Obregón	27° 29'	109° 55'	40	1009	757	48.0	43	28	2443	-1.1	4	---
Altar	30° 44'	111° 46'	397	969	726	47.0	42	28	2694	-10.0	-5	---
Navojca	27° 07'	109° 28'	38	1009	757	45.0	41	28	1869	-1.0	4	---
<b>TABASCO</b>												
Villahermosa	17° 59'	92° 53'	10	1012	759	41.0	37	26	2206	12.2	15	---
Álvaro Obregón	16° 32'	92° 09'	2	1013	760	44.5	40	27	2429	8.9	13	---
Teapa	17° 33'	92° 57'	60	1004	753	41.0	35	25	2262	11.0	14	---
<b>TAMAULIPAS</b>												
Matamoros	25° 32'	87° 20'	12	1012	759	39.3	36	26	1815	-4.7	0	47
Nuevo Laredo	27° 29'	99° 30'	140	967	748	45.0	41	32	2042	-7.0	-2	118
Tampico	22° 12'	97° 81'	18	1011	738	39.3	36	26	1635	-2.5	2	---
Ciudad Victoria	23° 44'	99° 08'	221	977	733	41.7	36	26	1397	-2.3	2	87
Reynosa	26° 06'	98° 12'	25	1010	758	45.0	41	28	2123	-7.7	-3	---
<b>TLAXCALA</b>												
Tlaxcala	19° 32'	98° 15'	2252	781	686	29.4	28	17	34	-1.4	3	512
<b>VERACRUZ</b>												
Jalapa	19° 32'	96° 55'	1399	863	647	34.6	32	21	245	2.2	6	205
Poza Rica	20° 33'	97° 28'	150	995	748	40.0	37	27	1052	0.5	5	---
Veracruz	19° 12'	96° 08'	16	1011	758	35.6	33	27	1763	9.6	13	---
Coatzacoalcos	18° 09'	94° 24'	14	1012	759	41.0	37	28	2180	10.0	13	---
Tuxpan	20° 57'	97° 24'	15	1013	760	40.4	37	27	1672	6.4	10	---
<b>YUCATÁN</b>												
Mérida	20° 58'	89° 38'	22	1011	758	41.0	37	27	2145	11.6	15	---
Progreso	21° 17'	89° 40'	14	1012	759	38.8	36	27	1908	13.0	16	---
Valladolid	20° 41'	88° 13'	22	1011	758	40.0	37	27	1796	11.6	15	---

Fuente: normas y especificaciones para estudios, proyectos e instalaciones, Volumen 5, Tomo III



A.3-2 Croquis de ubicación del local 3, al cual se le realizo el análisis de estudio.



Fuente: Plano arquitectónico del Aeropuerto de Tampico, Tamaulipas, México.



A.3-3 Tabla de correcciones en las consideraciones de proyecto en función del mes considerado.

INTERVALO DE VARIACIÓN ANUAL DE TEMPERATURA (°C)	TEMPERATURA SECA O HÚMEDA (°C)	MES									
		Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	
65	Seca	-19,0	-12,0	-6,1	-2,5	0	0	-4,9	-12,2	-22,0	
	Húmeda	-11,1	-5,5	-2,8	-1,1	0	0	-2,0	-5,9	-13,0	
60	Seca	-16,5	-11,0	-6,1	-2,1	0	0	-3,6	-9,3	-16,5	
	Húmeda	-8,3	-5,5	-2,8	-1,1	0	0	-1,7	-4,4	-8,9	
55	Seca	-16,0	-10,5	-6,0	-1,8	0	0	-3,6	-9,0	-15,0	
	Húmeda	-7,8	-5,5	-2,8	-1,1	0	0	-1,7	-4,4	-7,8	
50	Seca	-16,0	-10,5	-5,0	-1,8	0	0	-3,6	-9,0	-14,5	
	Húmeda	-7,8	-5,5	-2,8	-1,1	0	0	-1,7	-4,4	-7,8	
45	Seca	-14,0	-9,2	-4,5	-1,8	0	0	-3,6	-6,9	-11,5	
	Húmeda	-7,3	-5,1	-2,8	-1,1	0	0	-1,1	-3,4	-6,4	
40	Seca	-7,8	-5,5	-2,5	-0,5	0	0	-2,5	-4,1	-8,2	
	Húmeda	-3,9	-2,7	-2,3	0	0	0	-0,5	-2,3	-3,9	
35	Seca	-5,5	-4,0	-1,7	-0,5	0	0	-1,1	+3,0	-6,2	
	Húmeda	-2,4	-1,8	-1,1	0	0	0	-0,5	-1,9	-3,0	
30	Seca	-3,7	-2,8	-1,7	-0,5	0	0	-1,1	-2,5	-4,5	
	Húmeda	-1,9	-1,2	-0,8	0	0	0	-0,5	-1,4	-2,4	
25	Seca	-1,5	-1,1	-1,0	+0,5	0	0	-1,1	-1,9	-3,2	
	Húmeda	-1,3	-1,0	-0,4	0	0	0	-0,5	-1,0	-1,2	

A.3-3 Tabla de correcciones en las consideraciones de proyecto en función de la hora considerada.

INTERVALO DE VARIACIÓN DIARIA DE TEMPERATURA (EN LAS 24 HORAS) (°C)	TEMPERATURA SECA O HÚMEDA	HORA SOLAR									
		8	10	12	14	15	16	18	20	22	24
5	Seca	-4,7	-3,5	-2,8	-0,5	0	-0,5	-1,1	-2,7	-4,2	-9,0
	Húmeda	-1,0	-1,1	-0,5	0	0	0	-0,5	-0,5	-1,0	-1,0
7,5	Seca	-6,2	-4,7	-2,8	-0,5	0	-0,5	-1,1	-3,2	-5,2	-7,2
	Húmeda	-1,5	-1,1	-0,5	0	0	0	-0,5	-0,5	-1,5	-1,9
10	Seca	-7,4	-5,2	-2,8	-0,5	0	-0,5	-1,5	-3,8	-6,0	-8,5
	Húmeda	-2,0	-1,4	-0,5	0	0	0	-0,5	-0,9	-1,7	-2,2
12,5	Seca	-8,4	-5,5	-2,8	-0,5	0	-0,5	-1,7	-4,1	-6,5	-9,5
	Húmeda	-2,2	-1,6	-0,5	0	0	0	-0,5	-1,1	-1,7	-2,5
15	Seca	-9,4	-6,5	-3,0	-0,5	0	-0,5	-1,9	-4,8	-7,7	-10,5
	Húmeda	-2,4	-1,6	-0,5	0	0	0	-0,5	-1,3	-1,8	-3,0
17,5	Seca	-10,5	-7,0	-3,5	-0,5	0	-0,5	-2,6	-5,9	-8,8	-12,2
	Húmeda	-2,9	-1,8	-0,7	0	0	0	-0,5	-1,7	-2,4	-3,5
20	Seca	-12,0	-8,0	-4,1	-0,5	0	-0,5	-3,4	-7,5	-10,3	-13,8
	Húmeda	-3,5	-2,2	-1,1	0	0	0	-0,7	-1,7	-2,9	-4,0
22,5	Seca	-13,5	-9,0	-4,5	-0,5	0	-0,5	-3,9	-8,0	-11,7	-15,5
	Húmeda	-3,9	-2,3	-1,1	0	0	0	-1,1	-2,2	-3,4	-4,7
25	Seca	-14,5	-9,5	-4,5	-1,1	0	-1,1	-4,5	-8,9	-13,3	-17,2
	Húmeda	-3,9	-2,8	-1,1	0	0	-0,5	-1,1	-2,2	-4,5	-5,5

Fuente: CARRIER, Handbook of Air Conditioning System Design, 1978.



A.3-4 Tabla de máximas aportaciones solares a través de cristal sencillo

Kcal/hora (m<sup>3</sup>)

LATITUD NORTE	MES	ORIENTACIÓN (LATITUD NORTE)										MES	LATITUD SUR
		N**	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Horiz.			
0°	Junio	160	423	398	113	38	113	398	423	612	Diciembre Nov. y Enero Oct. y Febrero Sept. y Marzo Agosto y Abril Julio y Mayo Junio	0°	
	Julio y Mayo	130	414	412	141	38	141	412	414	631			
	Agosto y Abril	67	382	442	214	38	214	442	382	664			
	Sept. y Marzo	27	320	452	320	38	320	452	320	678			
	Oct. y Febrero	27	214	442	382	92	382	442	214	664			
	Nov. y Enero	27	141	412	414	181	414	412	141	631			
Diciembre	27	113	398	423	222	423	398	113	612				
10°	Junio	108	414	420	149	38	149	420	414	659	Diciembre Nov. y Enero Oct. y Febrero Sept. y Marzo Agosto y Abril Julio y Mayo Junio	10°	
	Julio y Mayo	81	401	428	179	38	179	428	401	669			
	Agosto y Abril	35	352	442	254	38	254	442	352	678			
	Sept. y Marzo	27	279	444	344	75	344	444	279	669			
	Oct. y Febrero	27	179	420	404	198	404	420	179	623			
	Nov. y Enero	24	100	387	436	287	273	387	100	569			
Diciembre	24	75	371	442	324	442	371	75	547				
20°	Junio	70	417	433	198	38	198	433	417	678	Diciembre Nov. y Enero Oct. y Febrero Sept. y Marzo Agosto y Abril Julio y Mayo Junio	20°	
	Julio y Mayo	51	374	442	230	38	230	442	374	680			
	Agosto y Abril	29	320	447	306	70	306	447	320	669			
	Sept. y Marzo	27	235	442	379	176	379	442	235	631			
	Oct. y Febrero	24	141	398	433	301	433	398	141	564			
	Nov. y Enero	21	70	347	444	382	444	347	70	488			
Diciembre	21	48	328	452	404	452	328	48	461				
30°	Junio	54	377	436	244	57	244	436	377	678	Diciembre Nov. y Enero Oct. y Febrero Sept. y Marzo Agosto y Abril Julio y Mayo Junio	30°	
	Julio y Mayo	43	355	444	271	81	271	444	355	667			
	Agosto y Abril	29	292	447	349	170	349	447	292	637			
	Sept. y Marzo	24	244	428	412	284	412	428	244	574			
	Oct. y Febrero	21	105	366	442	393	442	366	105	485			
	Nov. y Enero	19	43	314	439	431	439	314	43	393			
Diciembre	16	32	284	439	442	439	284	32	355				
40°	Junio	46	360	439	301	146	301	439	360	642	Diciembre Nov. y Enero Oct. y Febrero Sept. y Marzo Agosto y Abril Julio y Mayo Junio	40°	
	Julio y Mayo	40	344	444	339	187	339	444	344	631			
	Agosto y Abril	29	276	439	395	276	396	439	276	580			
	Sept. y Marzo	24	157	404	439	379	439	404	157	496			
	Oct. y Febrero	19	94	330	442	439	442	330	94	349			
	Nov. y Enero	13	32	271	423	460	423	271	32	279			
Diciembre	13	27	233	401	447	401	233	27	230				
50°	Junio	43	341	444	366	252	366	444	341	596	Diciembre Nov. y Enero Oct. y Febrero Sept. y Marzo Agosto y Abril Julio y Mayo Junio	50°	
	Julio y Mayo	38	317	442	387	287	387	442	317	572			
	Agosto y Abril	29	254	428	425	374	425	428	254	501			
	Sept. y Marzo	21	157	374	442	428	442	374	157	401			
	Oct. y Febrero	13	78	284	425	452	425	284	78	254			
	Nov. y Enero	10	24	173	344	414	344	173	24	143			
Diciembre	8	19	127	314	382	314	127	19	108				
		S	SE	E	NE	N	NO	O	SO	Horiz.			
ORIENTACIÓN (LATITUD SUR)													
Coeficiente de corrección	Marco metálico o ningún marco × 1/0,85 ó 1,17	Limpidez - 15 % máx.	Altitud + 0,7 % por 300 m	Punto de rocío superior a 19,5° C - 5 % por 4° C	Punto de rocío inferior a 19,5° C + 5 % por 14° C	Latitud Sur Dic. o Enero + 7 %							

Fuente: CARRIER, Handbook of Air Conditioning System Design, 1978.



A.3-5 Tablas de factores de almacenamiento sobre carga térmica, aportaciones solares a través de vidrio.

ORIENTACIÓN (Latitud Norte)	PESO (***) (kg por m <sup>2</sup> de superfi- cie de suelo)	HORA SOLAR																									ORIENTACIÓN (Latitud Sur)
		MAÑANA												TARDE						MAÑANA							
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5		
NE	750 y más	0,47	0,58	0,54	0,42	0,27	0,21	0,20	0,19	0,18	0,17	0,16	0,14	0,12	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	SE		
	500	0,48	0,60	0,57	0,46	0,30	0,24	0,20	0,19	0,17	0,16	0,15	0,13	0,11	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02			
	150	0,55	0,76	0,73	0,58	0,36	0,24	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,07	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01	0	0	0	0	0			
E	750 y más	0,39	0,56	0,62	0,59	0,49	0,33	0,23	0,21	0,20	0,18	0,17	0,15	0,12	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	E		
	500	0,40	0,58	0,65	0,63	0,52	0,35	0,24	0,22	0,20	0,18	0,16	0,14	0,12	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03			
	150	0,46	0,70	0,80	0,79	0,64	0,42	0,25	0,19	0,16	0,14	0,13	0,09	0,07	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01	0	0	0	0	0			
SE	750 y más	0,04	0,29	0,47	0,59	0,64	0,62	0,53	0,41	0,27	0,24	0,21	0,19	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,05	NE		
	500	0,03	0,28	0,47	0,61	0,67	0,65	0,57	0,44	0,29	0,24	0,21	0,18	0,15	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03			
	150	0	0,30	0,57	0,75	0,84	0,81	0,69	0,50	0,30	0,20	0,17	0,13	0,09	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0	0	0	0	0			
S	750 y más	0,06	0,06	0,23	0,33	0,51	0,60	0,66	0,67	0,64	0,59	0,42	0,24	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	N		
	500	0,04	0,04	0,22	0,38	0,52	0,63	0,70	0,71	0,69	0,59	0,45	0,26	0,22	0,18	0,16	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07				
	150	0,10	0,21	0,43	0,63	0,77	0,86	0,88	0,82	0,56	0,50	0,24	0,16	0,11	0,08	0,05	0,04	0,02	0,02	0,01	0,01	0	0	0			
SO	750 y más	0,08	0,08	0,09	0,10	0,11	0,24	0,39	0,53	0,63	0,66	0,61	0,47	0,23	0,19	0,18	0,16	0,14	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08	0,08	NO		
	500	0,07	0,08	0,08	0,08	0,10	0,24	0,40	0,55	0,66	0,70	0,64	0,50	0,26	0,20	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06			
	150	0,03	0,04	0,06	0,07	0,09	0,23	0,47	0,67	0,81	0,86	0,79	0,60	0,26	0,17	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0			
O	750 y más	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,36	0,52	0,63	0,65	0,55	0,22	0,19	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	O		
	500	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,36	0,52	0,63	0,65	0,55	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08			
	150	0,03	0,04	0,06	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08	0,19	0,42	0,65	0,81	0,85	0,74	0,30	0,19	0,13	0,09	0,06	0,05	0,03	0,02	0,02			
NO	750 y más	0,08	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,36	0,52	0,63	0,65	0,55	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08	SO		
	500	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,36	0,52	0,63	0,65	0,55	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08			
	150	0,03	0,05	0,07	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,36	0,52	0,63	0,65	0,55	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08			
N y sombra	750 y más	0,08	0,37	0,67	0,71	0,74	0,76	0,79	0,81	0,83	0,84	0,86	0,87	0,88	0,29	0,26	0,23	0,20	0,19	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	S y sombra		
	500	0,06	0,31	0,67	0,72	0,76	0,79	0,81	0,83	0,85	0,87	0,88	0,90	0,91	0,30	0,26	0,22	0,19	0,16	0,15	0,13	0,12	0,10	0,09			
	150	0	0,25	0,74	0,83	0,88	0,91	0,94	0,96	0,96	0,98	0,98	0,99	0,99	0,26	0,17	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01			

ORIENTACIÓN (Latitud Norte)	PESO (***) (kg por m <sup>2</sup> de superfi- cie de suelo)	HORA SOLAR																									ORIENTACIÓN (Latitud Sur)
		MAÑANA												TARDE						MAÑANA							
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5		
NE	750 y más	0,17	0,27	0,33	0,33	0,31	0,29	0,27	0,25	0,23	0,22	0,20	0,19	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06	SE	
	500	0,19	0,31	0,38	0,39	0,36	0,34	0,27	0,24	0,22	0,21	0,19	0,17	0,16	0,14	0,12	0,10	0,07	0,06	0,07	0,06	0,05	0,05	0,04	0,03		
	150	0,31	0,56	0,65	0,61	0,46	0,33	0,26	0,21	0,18	0,16	0,14	0,12	0,09	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0	0	0	0	0		
E	750 y más	0,16	0,26	0,34	0,39	0,40	0,38	0,34	0,30	0,28	0,26	0,23	0,22	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	0,10	0,09	0,08	0,08	0,07	0,06	E	
	500	0,16	0,29	0,40	0,46	0,46	0,42	0,36	0,31	0,28	0,25	0,23	0,20	0,18	0,15	0,14	0,12	0,11	0,09	0,08	0,08	0,06	0,06	0,05	0,04		
	150	0,27	0,50	0,67	0,73	0,68	0,53	0,38	0,27	0,22	0,18	0,15	0,12	0,09	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0	0	0	0	0		
SE	750 y más	0,08	0,14	0,22	0,31	0,38	0,43	0,44	0,43	0,39	0,35	0,32	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19	0,16	0,15	0,13	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	NE	
	500	0,05	0,12	0,23	0,35	0,44	0,49	0,51	0,47	0,41	0,36	0,31	0,27	0,24	0,21	0,18	0,16	0,14	0,12	0,10	0,09	0,08	0,08	0,06	0,06		
	150	0	0,18	0,40	0,59	0,72	0,77	0,72	0,68	0,44	0,32	0,23	0,18	0,14	0,09	0,07	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01	0	0	0	0		
S	750 y más	0,10	0,10	0,13	0,20	0,28	0,35	0,42	0,48	0,51	0,51	0,48	0,42	0,37	0,33	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19	0,17	0,15	0,14	0,13	0,12	N	
	500	0,07	0,06	0,12	0,20	0,30	0,39	0,48	0,54	0,58	0,57	0,53	0,45	0,37	0,31	0,27	0,23	0,20	0,18	0,16	0,14	0,12	0,11	0,10	0,08		
	150	0	0	0,12	0,29	0,48	0,64	0,75	0,82	0,81	0,75	0,61	0,42	0,28	0,19	0,13	0,09	0,06	0,04	0,03	0,02	0,01	0,01	0	0		
SO	750 y más	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,14	0,21	0,29	0,36	0,43	0,47	0,46	0,40	0,34	0,30	0,27	0,24	0,22	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	NO	
	500	0,09	0,09	0,08	0,09	0,09	0,14	0,22	0,31	0,42	0,50	0,53	0,51	0,44	0,35	0,29	0,26	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,09		
	150	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	0,12	0,34	0,53	0,68	0,78	0,68	0,46	0,29	0,20	0,14	0,09	0,07	0,05	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0		
O	750 y más	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,13	0,19	0,27	0,36	0,42	0,44	0,38	0,33	0,29	0,26	0,23	0,21	0,18	0,16	0,15	0,13	0,12	O	
	500	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,10	0,10	0,12	0,19	0,30	0,40	0,48	0,51	0,42	0,35	0,30	0,28	0,22	0,19	0,16	0,14	0,13	0,11	0,09		
	150	0,02	0,03	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	0,14	0,29	0,49	0,67	0,76	0,75	0,53	0,33	0,22	0,15	0,11	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01		
NO	750 y más	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,12	0,17	0,25	0,34	0,39	0,34	0,29	0,26	0,23	0,20	0,18	0,16	0,14	0,13	0,12	0,10	SO	
	500	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,11	0,19	0,29	0,40	0,46	0,40	0,32	0,26	0,22	0,19	0,16	0,14	0,13	0,11	0,10	0,08		
	150	0,02	0,04	0,05	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10	0,13	0,27	0,48	0,65	0,73	0,49	0,31	0,21	0,16	0,10	0,07	0,05	0,04	0,03	0,02	0,01		
N y sombra	750 y más	0,16	0,23	0,33	0,41	0,47	0,52	0,57	0,61	0,66	0,69	0,72	0,74	0,74	0,59	0,52	0,46	0,42	0,37	0,34	0,31	0,27	0,25	0,23	0,21	S y sombra	
	500	0,11	0,33	0,44	0,51	0,57	0,62	0,66	0,70	0,74	0,79	0,80	0,80	0,60	0,51	0,44	0,37	0,32	0,29	0,27	0,23	0,21	0,18	0,16	0,13		
	150	0	0,48	0,66	0,76	0,82	0,87	0,91	0,93	0,95	0,97	0,98	0,98	0,98	0,82	0,64	0,46	0,31	0,27	0,23	0,21	0,18	0,16	0,13	0,11		

Fuente: CARRIER, Handbook of Air Conditioning System Design, 1978



ORIENTACIÓN (Latitud Norte)	PESO (***) (kg por m <sup>2</sup> de superficie de suelo)	HORA SOLAR														ORIENTACIÓN (Latitud Sur)		
		MAÑANA							TARDE									
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		20	21
NE	750 y más	0,53	0,64	0,59	0,47	0,31	0,25	0,24	0,22	0,18	0,17	0,16	0,14	0,12	0,09	0,08	0,07	SE
	500	0,33	0,65	0,61	0,50	0,33	0,27	0,22	0,21	0,17	0,16	0,15	0,13	0,11	0,08	0,07	0,06	
	150	0,56	0,77	0,73	0,58	0,36	0,24	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,07	0,04	0,02	0,02	
E	750 y más	0,47	0,63	0,68	0,64	0,54	0,38	0,27	0,25	0,20	0,18	0,17	0,15	0,12	0,10	0,09	0,08	E
	500	0,46	0,63	0,70	0,67	0,56	0,38	0,27	0,24	0,20	0,18	0,16	0,14	0,12	0,09	0,08	0,07	
	150	0,47	0,71	0,80	0,79	0,64	0,42	0,25	0,19	0,14	0,11	0,09	0,07	0,04	0,02	0,02	0,02	
SE	750 y más	0,14	0,37	0,55	0,66	0,70	0,68	0,58	0,46	0,27	0,24	0,21	0,19	0,16	0,14	0,12	0,11	NE
	500	0,11	0,35	0,53	0,66	0,72	0,69	0,61	0,47	0,29	0,24	0,21	0,18	0,15	0,14	0,12	0,09	
	150	0,02	0,31	0,57	0,75	0,84	0,81	0,69	0,50	0,30	0,20	0,17	0,13	0,09	0,05	0,04	0,03	
S	750 y más	0,19	0,18	0,34	0,48	0,60	0,68	0,73	0,74	0,64	0,59	0,42	0,24	0,22	0,19	0,17	0,15	N
	500	0,16	0,14	0,31	0,46	0,59	0,67	0,76	0,70	0,69	0,58	0,45	0,26	0,22	0,18	0,16	0,13	
	150	0,12	0,23	0,44	0,64	0,77	0,86	0,88	0,82	0,56	0,50	0,24	0,16	0,11	0,08	0,05	0,04	
SO	750 y más	0,22	0,21	0,20	0,20	0,20	0,32	0,47	0,60	0,63	0,66	0,61	0,47	0,23	0,19	0,18	0,16	NO
	500	0,20	0,19	0,18	0,17	0,18	0,31	0,46	0,60	0,66	0,70	0,64	0,50	0,26	0,20	0,17	0,15	
	150	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,24	0,47	0,67	0,81	0,86	0,79	0,60	0,26	0,17	0,12	0,08	
O	750 y más	0,23	0,23	0,21	0,21	0,20	0,19	0,18	0,25	0,36	0,52	0,63	0,65	0,55	0,22	0,19	0,17	O
	500	0,22	0,21	0,19	0,19	0,17	0,16	0,15	0,23	0,36	0,54	0,66	0,68	0,60	0,25	0,20	0,17	
	150	0,12	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,19	0,42	0,65	0,81	0,85	0,74	0,30	0,19	0,13	
NO	750 y más	0,21	0,21	0,20	0,19	0,18	0,18	0,17	0,16	0,16	0,33	0,49	0,61	0,60	0,19	0,17	0,15	SO
	500	0,19	0,19	0,18	0,17	0,17	0,16	0,16	0,15	0,16	0,34	0,52	0,65	0,23	0,18	0,15	0,12	
	150	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,17	0,39	0,63	0,80	0,79	0,28	0,18	0,12	0,12	
N y sombra	750 y más	0,23	0,58	0,75	0,79	0,80	0,80	0,81	0,82	0,83	0,84	0,86	0,87	0,88	0,39	0,35	0,31	S y sombra
	500	0,25	0,46	0,73	0,78	0,82	0,82	0,83	0,84	0,85	0,87	0,88	0,89	0,90	0,40	0,34	0,29	
	150	0,07	0,22	0,69	0,80	0,86	0,93	0,94	0,95	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,35	0,23	0,16	

ORIENTACIÓN (Latitud Norte)	PESO (***) (kg por m <sup>2</sup> de superficie de suelo)	HORA SOLAR														ORIENTACIÓN (Latitud Sur)		
		MAÑANA							TARDE									
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19		20	21
NE	750 y más	0,28	0,37	0,42	0,41	0,38	0,36	0,33	0,31	0,23	0,22	0,20	0,19	0,17	0,15	0,14	0,12	SE
	500	0,28	0,39	0,45	0,45	0,41	0,39	0,31	0,27	0,22	0,21	0,19	0,17	0,16	0,14	0,12	0,10	
	150	0,33	0,57	0,66	0,62	0,46	0,33	0,26	0,21	0,18	0,16	0,14	0,12	0,09	0,06	0,04	0,03	
E	750 y más	0,29	0,38	0,44	0,48	0,48	0,46	0,41	0,36	0,28	0,26	0,23	0,22	0,20	0,18	0,16	0,14	E
	500	0,27	0,38	0,48	0,54	0,52	0,48	0,41	0,35	0,28	0,25	0,23	0,20	0,18	0,15	0,14	0,12	
	150	0,29	0,51	0,68	0,74	0,69	0,53	0,38	0,27	0,22	0,18	0,15	0,12	0,09	0,06	0,04	0,03	
SE	750 y más	0,24	0,29	0,35	0,43	0,49	0,53	0,53	0,51	0,39	0,35	0,32	0,29	0,26	0,23	0,21	0,19	NE
	500	0,19	0,24	0,33	0,44	0,52	0,57	0,53	0,41	0,36	0,31	0,27	0,24	0,21	0,18	0,16	0,16	
	150	0,03	0,20	0,41	0,60	0,73	0,77	0,72	0,60	0,44	0,32	0,23	0,18	0,14	0,09	0,07	0,05	
S	750 y más	0,33	0,31	0,32	0,37	0,43	0,49	0,55	0,60	0,57	0,51	0,48	0,42	0,37	0,33	0,29	0,26	N
	500	0,27	0,24	0,28	0,34	0,42	0,50	0,58	0,60	0,60	0,57	0,53	0,45	0,37	0,31	0,27	0,23	
	150	0,06	0,04	0,15	0,31	0,49	0,65	0,75	0,82	0,81	0,75	0,61	0,42	0,28	0,19	0,13	0,09	
SO	750 y más	0,35	0,32	0,30	0,28	0,26	0,26	0,30	0,37	0,43	0,47	0,46	0,40	0,34	0,30	0,27	0,24	NO
	500	0,31	0,28	0,25	0,24	0,22	0,26	0,33	0,40	0,46	0,50	0,53	0,51	0,44	0,35	0,29	0,26	
	150	0,11	0,10	0,10	0,09	0,10	0,14	0,35	0,54	0,68	0,78	0,68	0,46	0,29	0,20	0,14	0,14	
O	750 y más	0,38	0,34	0,32	0,28	0,26	0,25	0,23	0,25	0,26	0,27	0,36	0,42	0,44	0,38	0,33	0,29	O
	500	0,34	0,31	0,28	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,23	0,30	0,40	0,48	0,51	0,43	0,35	0,30	
	150	0,17	0,14	0,13	0,11	0,11	0,10	0,10	0,15	0,29	0,49	0,67	0,76	0,75	0,53	0,33	0,22	
NO	750 y más	0,33	0,30	0,28	0,26	0,24	0,23	0,22	0,20	0,18	0,17	0,25	0,34	0,39	0,34	0,29	0,26	SO
	500	0,30	0,28	0,25	0,23	0,22	0,20	0,19	0,17	0,17	0,19	0,29	0,40	0,46	0,40	0,32	0,26	
	150	0,18	0,14	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,13	0,27	0,48	0,65	0,73	0,49	0,31	0,21	
N y sombra	750 y más	0,31	0,57	0,64	0,68	0,72	0,73	0,73	0,74	0,74	0,75	0,76	0,78	0,78	0,59	0,52	0,46	S y sombra
	500	0,30	0,47	0,60	0,67	0,72	0,74	0,77	0,78	0,79	0,80	0,81	0,82	0,83	0,68	0,51	0,44	
	150	0,04	0,07	0,53	0,70	0,78	0,84	0,88	0,91	0,93	0,95	0,97	0,98	0,99	0,62	0,34	0,24	

Fuente: CARRIER, Handbook of Air Conditioning System Design, 1978



ORIENTACION (Latitud Norte)	PESO (kg por m <sup>2</sup> de superf. de suelo)	CON PANTALLA INTERIOR *											SIN O CON PANTALLA EXTERIOR **											ORIENTACION (Latitud Norte)																			
		HORA SOLAR																																									
		MAÑANA											TARDE												MAÑANA											TARDE							
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17								
NE	750 y más	0,59	0,67	0,62	0,49	0,33	0,27	0,25	0,24	0,22	0,21	0,20	0,17	0,34	0,42	0,47	0,45	0,42	0,39	0,36	0,33	0,30	0,29	0,26	0,25	SE																	
	500	0,59	0,68	0,64	0,52	0,35	0,29	0,24	0,23	0,20	0,19	0,17	0,15	0,35	0,45	0,50	0,49	0,45	0,42	0,34	0,30	0,27	0,26	0,23	0,20																		
	150	0,62	0,80	0,75	0,60	0,37	0,25	0,19	0,17	0,15	0,13	0,12	0,11	0,40	0,62	0,69	0,64	0,48	0,34	0,27	0,22	0,18	0,16	0,14	0,12																		
E	750 y más	0,51	0,66	0,71	0,67	0,57	0,40	0,29	0,26	0,25	0,23	0,21	0,19	0,36	0,44	0,50	0,53	0,53	0,50	0,44	0,39	0,36	0,34	0,30	0,28	E																	
	500	0,52	0,67	0,73	0,70	0,58	0,40	0,29	0,26	0,24	0,21	0,19	0,16	0,34	0,44	0,54	0,58	0,57	0,51	0,44	0,39	0,34	0,31	0,28	0,24																		
	150	0,53	0,74	0,82	0,81	0,65	0,43	0,25	0,19	0,16	0,14	0,11	0,09	0,36	0,56	0,71	0,76	0,70	0,54	0,39	0,28	0,23	0,18	0,15	0,12																		
SE	750 y más	0,20	0,42	0,59	0,70	0,74	0,71	0,61	0,48	0,33	0,30	0,26	0,24	0,24	0,37	0,43	0,50	0,54	0,58	0,57	0,55	0,50	0,45	0,41	0,37	NE																	
	500	0,18	0,40	0,57	0,70	0,75	0,72	0,63	0,49	0,34	0,28	0,25	0,21	0,29	0,33	0,41	0,51	0,58	0,61	0,61	0,56	0,49	0,44	0,37	0,33																		
	150	0,09	0,35	0,61	0,78	0,86	0,82	0,69	0,59	0,30	0,20	0,17	0,13	0,14	0,27	0,47	0,64	0,75	0,79	0,73	0,61	0,45	0,32	0,23	0,18																		
S	750 y más	0,28	0,25	0,40	0,53	0,64	0,72	0,77	0,77	0,73	0,67	0,49	0,31	0,47	0,43	0,42	0,46	0,51	0,56	0,61	0,65	0,66	0,65	0,61	0,54	N																	
	500	0,26	0,22	0,38	0,51	0,64	0,73	0,79	0,79	0,77	0,65	0,51	0,31	0,44	0,37	0,39	0,43	0,50	0,57	0,64	0,68	0,70	0,68	0,63	0,53																		
	150	0,21	0,29	0,48	0,67	0,79	0,88	0,89	0,83	0,56	0,50	0,24	0,16	0,28	0,19	0,25	0,38	0,54	0,69	0,78	0,84	0,82	0,76	0,61	0,42																		
SO	750 y más	0,31	0,27	0,27	0,26	0,25	0,27	0,50	0,63	0,72	0,74	0,69	0,54	0,51	0,44	0,40	0,37	0,34	0,36	0,41	0,47	0,54	0,57	0,60	0,58	NO																	
	500	0,33	0,28	0,25	0,23	0,23	0,35	0,50	0,64	0,74	0,77	0,70	0,55	0,53	0,44	0,37	0,35	0,31	0,33	0,39	0,46	0,55	0,62	0,64	0,60																		
	150	0,29	0,21	0,18	0,15	0,14	0,27	0,50	0,69	0,82	0,87	0,79	0,60	0,48	0,32	0,25	0,20	0,17	0,19	0,39	0,56	0,70	0,80	0,79	0,69																		
O	750 y más	0,63	0,31	0,20	0,27	0,25	0,24	0,22	0,29	0,46	0,61	0,71	0,72	0,56	0,49	0,44	0,39	0,36	0,33	0,31	0,31	0,35	0,42	0,49	0,54	O																	
	500	0,67	0,33	0,28	0,26	0,24	0,22	0,20	0,28	0,44	0,61	0,72	0,73	0,60	0,52	0,44	0,39	0,34	0,31	0,29	0,28	0,33	0,43	0,51	0,57																		
	150	0,77	0,34	0,25	0,20	0,17	0,14	0,13	0,22	0,44	0,67	0,82	0,85	0,77	0,56	0,38	0,28	0,22	0,18	0,16	0,19	0,33	0,52	0,69	0,77																		
NO	750 y más	0,60	0,28	0,27	0,25	0,23	0,22	0,20	0,19	0,24	0,41	0,56	0,67	0,49	0,44	0,39	0,36	0,33	0,30	0,28	0,26	0,26	0,30	0,37	0,44	SO																	
	500	0,71	0,31	0,27	0,24	0,22	0,21	0,19	0,18	0,23	0,40	0,59	0,70	0,54	0,49	0,41	0,35	0,31	0,28	0,25	0,23	0,24	0,30	0,39	0,48																		
	150	0,82	0,33	0,25	0,20	0,18	0,15	0,14	0,13	0,19	0,41	0,64	0,80	0,75	0,53	0,36	0,28	0,24	0,19	0,17	0,15	0,17	0,30	0,50	0,66																		
N y sombra	750 y más	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,73	0,75	0,79	0,83	0,84	0,86	0,88	0,88	0,91	0,92	0,93	0,93	S y sombra																
	500	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,81	0,84	0,86	0,89	0,91	0,93	0,93	0,94	0,94	0,95	0,95																		
	150																																										

Fuente: CARRIER, Handbook of Air Conditioning System Design, 1978



## BIBLIOGRAFÍA

1. El ABC del aire acondicionado.

Ernest Tricomi

Marcombo Ediciones Técnicas

2. Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración

Hernández Goribar

Editorial Limusa

3. Manual de Refrigeración

Juan Marco Franco Lijó

Editorial Reverté

4. Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado

Escrito por William C. Whitman, William M. Johnson

5. ASHRAE, Handbook Fundamentals (SI). Duct Design, 2005.

6. CARRIER, Handbook of Air Conditioning System Design, 1978.

7. SMACNA, HVAC Duct Construction Standards. Metal and Flexible.

Second Edition, 1995.

8. CARRIER AIR CONDITION COMPANY

Manual de Aire Acondicionado. Barcelona:

Marcombo S.A., 1986