

UNIVERSIDAD PANAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERIA

308917

Con Estudios Incorporados a la  
Universidad Nacional Autónoma de México

SELECCION Y CALCULO DEL EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO  
PARA EL PROYECTO DE UNA CENTRAL TELEFONICA  
EN LA CIUDAD DE MEXICO

TESIS PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
AREA: INGENIERIA MECANICA

P R E S E N T A :

MARIA ANGELICA LOPEZ HONORATO

DIRECTOR DE TESIS: ING. ALFREDO GONZALEZ RUIZ

MÉXICO, D.F.

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Maria Angelica Lopez Honorato

FECHA: 28 de Enero de 2005

FIRMA: Maria Angelica Lopez

m340754

2005



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.

ESTA TESIS NO SALE  
DE LA BIBLIOTECA

## INDICE

	PAGINA
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I.- Conceptos Técnicos Fundamentales.....</b>	<b>4</b>
1.1. Temperatura.....	4
1.1.1. Temperatura de Bulbo Seco.....	7
1.1.2. Temperatura de Bulbo Húmedo .....	7
1.2. Calor.....	7
1.2.1. Calor Latente.....	9
1.2.1. Calor Sensible.....	13
1.3. Transferencia de Calor.....	16
1.3.1. Conducción.....	17
1.3.1. Convección.....	17
1.3.1. Radiación.....	18
1.4. Humedad.....	19
1.4.1. Humedad Absoluta.....	19
1.4.2. Humedad Relativa.....	20
1.5. Características de la mezcla Vapor-Aire.....	20
1.5.1. Composición del aire.....	21
1.5.2. Calor específico del aire.....	22
1.6. Psicometría.....	22
1.7. Refrigeración.....	23
1.7.1. Ciclo de Carnot.....	25
1.7.2. Ciclo de Carnot Invertido o Refrigeración.....	26

1.7.3. Ciclo de Refrigeración por compresión de Vapor.....	27
1.7.4. Carga de Refrigeración.....	38
1.7.5. Tipos de Refrigerantes.....	39
1.7.6. Aislantes Térmicos.....	45
<b>CAPITULO II.- Equipos de Aire Acondicionado y Sus</b>	
<b>diferencias.....</b>	<b>46</b>
2.1. Comparación entre Equipos de Aire Acondicionado de	
Confort y Equipos de Aire Acondicionado de Precisión.....	46
2.2. Comparativo entre los equipos de Aire Acondicionado del	
Mercado.....	53
2.3. Selección del Equipo y sus Características.....	56
<b>CAPITULO III.- Cálculos para Determinar la Carga Térmica...</b>	<b>74</b>
3.1. Estudio para la determinación de la Carga Térmica.....	74
3.1.1. Diseño del área para Acondicionar.....	74
3.1.2. Cálculo de la Carga Térmica para Abatir.....	76
<b>CAPITULO IV.- Desarrollo Del Proyecto y Requisitos para su</b>	
<b>Implementación.....</b>	<b>94</b>
4.1. Requerimientos de Consumo Eléctrico e Hidráulico.....	94
4.2. Requerimientos Estructurales del Area.....	97
4.3. Requerimientos de Localización.....	98
4.4. Evaluación Económica.....	100
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>106</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>108</b>

## **AGRADECIMIENTOS**

**A Dios,** por haberme dado la vida y una familia amorosa, lo que considero mis dos pilares más importantes para mi desarrollo personal y profesional.

**A Mis Padres,** por darme la vida, sus enseñanzas, su apoyo incondicional, su entrega, su paciencia y sobre todo su ejemplo, son las dos personas que más admiro por su preparación, cultura, profesionalismo, dedicación y entrega a sus hijos. Además de su amor. Gracias por enseñarme, guiarme y hacerme una mujer fuerte con sueños y logros. Los amo.

**A Mis Hermanos, Jorge e Isabel,** que siempre han estado a mi lado apoyándome en los momentos felices al igual que en los difíciles. Gracias por su ayuda incondicional, son los mejores hermanos que mis padres y la vida me han podido regalar, los quiero de todo corazón.

**A Isa, Luis Miguel y Natalia,** que me han enseñado lo que es la integración basada en el amor, la comprensión, y el apoyo; a la pequeña Natalia que a su corta edad me enseñó lo que es la lucha para vencer cualquier adversidad por más dura que ésta pueda ser, saber disfrutar y ser feliz cada momento de la vida, los quiero mucho, gracias por todo.

**A Víctor,** que me enseñó la verdadera lucha para conseguir mis sueños, a través de la constancia, el sacrificio y la entrega. Gracias por tu dedicación, tu apoyo y sobre todo tu amor. Te amo.

**A Mis Maestros,** por sus enseñanzas y por darme las bases necesarias para poder enfrentar la vida profesional con confianza y entereza para lograr paso a paso ser mejor cada día.

## I N T R O D U C C I O N

El objetivo que plantea el presente trabajo se refiere al desarrollo de una propuesta técnico-económica para la selección de los equipos de aire acondicionado, requeridos para la climatización adecuada de una Central Telefónica de una empresa que brinda servicios de telefonía celular ubicada en la Ciudad de México.

En los últimos años, el avance tecnológico en la informática, en las telecomunicaciones y en la telefonía, ha sido sorprendente, ya que en estas actividades la obsolescencia de equipos y medios es muy rápida.

Por ello, las empresas líderes deben desarrollar o allegarse tecnología de punta para responder a la creciente demanda que significa la globalización tanto de las economías, como de los medios de comunicación, de las cuales dependen su competitividad y en muchos casos su propia sobre vivencia en los mercados.

Los avances tecnológicos determinan los parámetros de funcionalidad y de calidad de los servicios que ofrecen, en particular los de Telefonía Celular, objeto del presente trabajo.

Un papel determinante en el éxito del servicio de telefonía celular radica en las centrales telefónicas, que son espacios donde se almacena la información más importante de las empresas de este ramo, por lo cual se les conoce como "espacios críticos".

En éstos se concentra equipo electrónico como, computadoras, servidores, repetidores, plantas de corriente directa, equipo de energía interrumpida, concentradores de líneas, entre otros, que requieren ser de alta funcionalidad para poder brindar servicios de calidad y confiabilidad de manera continua e interrumpida durante todos los días del año.

Una característica de los equipos que se utilizan en la central telefónica es su alto costo, es decir, requieren de fuertes inversiones. Otra característica es que su correcta operación y óptimo funcionamiento requiere de condiciones ambientales especiales, específicas y estables, distintas a las que proporciona el medio ambiente natural, que son cambiantes, como los niveles de humedad y temperatura.

Las condiciones ambientales bajo las que operan y funcionan los diferentes equipos de una central de telefonía son rigurosas y estrictas, bajo determinadas normas que señalan los fabricantes, pues de ello también dependen las garantías y la vida útil de los equipos.

En la actualidad, el mercado ofrece una gran variedad de equipos e instalaciones para establecer los enlaces de telefonía celular, y para proporcionar los servicios de radiofrecuencia y transmisión de voz y datos, etc.

Debido a la necesidad de mantener en operación estos equipos, resulta de vital importancia evitar cualquier falla, puesto que ello significaría grandes pérdidas económicas para las empresas que prestan los servicios de telefonía celular.

Por lo anterior, la tesis que se presenta se relaciona con casos reales y por considerar de utilidad estas experiencias, es que el presente trabajo se centra en una propuesta técnico-económica para un proyecto de "Selección del equipo de Aire Acondicionado para una Central Telefónica Ubicada en la Ciudad de México".

El desarrollo de este proyecto ha considerado las necesidades de una empresa que requiere en su operación, eficiencia y funcionalidad pero en especial, seguridad operativa, tomando en cuenta también: ampliación de

capacidad, adecuaciones o modificaciones y, si llegara a presentarse alguna falla, continuidad de operación.

## **CAPITULO 1**

### **CONCEPTOS TECNICOS FUNDAMENTALES**

Para el desarrollo de la propuesta técnico-económica para "La Selección y cálculo del equipo de Aire Acondicionado para el Proyecto de una Central Telefónica Ubicada en la Ciudad de México" objeto de este trabajo, se considera importante y necesario retomar algunos conceptos técnicos que son determinantes para satisfacer las necesidades de la compañía dedicada a proporcionar el servicio de telefonía celular.

#### **1.1. Temperatura**

Comúnmente se le define como la cantidad o grado de calor en los cuerpos. En la ciencia de la Termodinámica se dice que la temperatura es la medida de la presión térmica de un cuerpo que va de alta a baja temperatura. Alta, cuando un cuerpo está caliente y baja, cuando un cuerpo está frío.

También la define el autor Roy Dossat "una función de la energía cinética interna, y como tal, es un índice de la velocidad molecular promedio"<sup>1</sup>.

Es decir, la medida del movimiento molecular o el grado de calor de una sustancia. Se mide usando una escala arbitraria a partir del cero absoluto, donde las moléculas en teoría dejan de moverse.

La temperatura, se mide en las escalas de Fahrenheit [°F] o Celsius [°C]; la referencia más notoria es el agua, en donde su punto de congelación es en los cero grados (0 °C) y su punto de ebullición los cien grados (100 °C).

---

<sup>1</sup> Principios de Refrigeración; CECSA; Primera Edición 1980; Pag.29

De la misma forma, en la escala Fahrenheit, el agua se congela a los 32 °F y hierve a los 212 °F, por lo que en esta escala se tienen 180 puntos de diferencia entre el punto de congelación y el punto de ebullición, mientras que en la escala Celsius la diferencia son sólo 100 puntos.

Para hacer cálculos de temperatura se utilizan las siguientes expresiones:

$$^{\circ}\text{F} = 9/5^{\circ}\text{C} + 32$$

$$^{\circ}\text{C} = 5/9(^{\circ}\text{F} - 32)$$

Dada la diferencia de puntos entre las escalas Fahrenheit y Celsius, se dice que:

$$1^{\circ}\text{C} \text{ es igual a } 1.8^{\circ}\text{F} \text{ y de igual forma } 1^{\circ}\text{F} \text{ es igual a } 0.555^{\circ}\text{C}.$$

La temperatura absoluta se define en grados Rankine [ $^{\circ}\text{R}$ ] o en grados Kelvin [ $\text{K}$ ], se utilizan cuando las lecturas de las temperaturas se aplican a ecuaciones relacionadas con leyes fundamentales como las de la termodinámica.

En efecto, cuando la lectura de una temperatura se hace en  $^{\circ}\text{F}$ , ésta se puede convertir a una temperatura absoluta si se le suma 460°, y la temperatura resultante es  $^{\circ}\text{R}$  grados Rankine. En cambio, si la lectura de la temperatura es en grados Celsius, también se puede pasar a una temperatura absoluta sumándole 273°, lo que da como resultado  $\text{K}$ , es decir grados Kelvin.

Por lo tanto, las fórmulas para convertir dichas temperaturas son las siguientes:

$$^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 460^{\circ}$$

$$\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273^{\circ}$$

Comúnmente se utilizan los termómetros para medir la temperatura, y el funcionamiento de éstos depende de la propiedad de expansión y contracción del líquido que se utiliza para medirla, en función del aumento o disminución de la temperatura.

Los líquidos más utilizados como indicadores en los termómetros son el alcohol y el mercurio, ya que tienen bajas temperaturas de congelación y sus coeficientes de expansión son prácticamente constantes. Es decir la manera tradicional de medir la temperatura, y se utilizan estos líquidos ya que poseen un punto de congelación y ebullición extremos, lo cual da la posibilidad de tener un rango muy amplio para la medida de diversos ambientes.

A continuación se muestran comparativamente las escalas de grados Centígrados, Fahrenheit y Kelvin, para el caso del agua, en su punto de congelación y de ebullición, en la figura No. 1

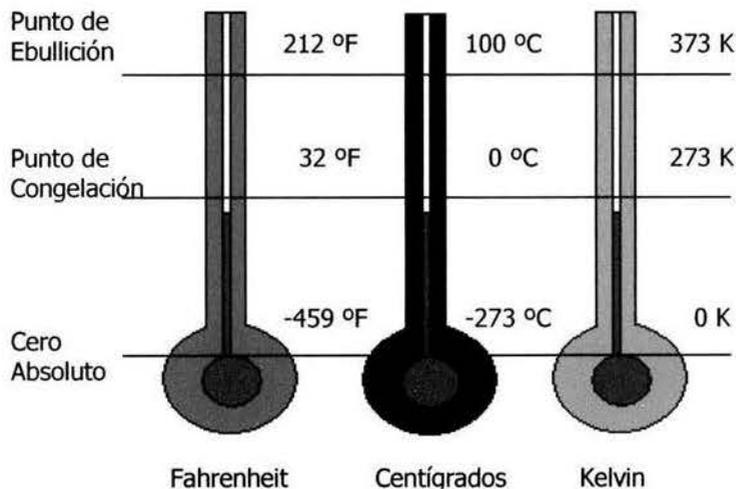


Figura No. 1

### **1.1.1. Temperatura de Bulbo Seco**

La temperatura de bulbo seco se define, como la temperatura que registra el bulbo del termómetro cuando está en contacto con el aire del medio ambiente, es decir, es la medida del calor sensible del aire y se expresa en grados Fahrenheit (°F) o grados Centígrados (°C).

### **1.1.2. Temperatura de Bulbo Húmedo**

La temperatura de bulbo húmedo se define, como la temperatura que se registra en el termómetro cuando, su bulbo se encuentra cubierto por una gasa o algodón húmedo, permitiendo la evaporación del agua sobre éste, es influida por las relaciones de la transmisión de calor y de masa, las medidas tanto de la temperatura de saturación como de la temperatura de bulbo húmedo son aproximadamente iguales para mezcla de aire-vapor de agua a la temperatura y presión atmosférica, lo cual no es necesariamente cierto para las temperaturas y presiones que difieren de las atmosféricas ordinarias. Esta temperatura se mide en grados Fahrenheit (°F) o grados Centígrados (°C).

## **1.2. Calor**

El calor es un elemento que interactúa en nuestros procesos diarios o vida cotidiana, para poder entender su importancia dentro de todos estos procesos termodinámicos, primero definiremos al calor de la siguiente manera:

El calor es una forma de energía en movimiento el cual se transmite a través del límite de un sistema que está a una temperatura, a otro sistema o medio

exterior que se encuentre a una temperatura más baja, esto se da por la diferencia de temperaturas que existe entre ellos.

También se puede definir al calor como la energía que hace que los cuerpos se dilaten, que los sólidos se fundan y que los líquidos se evaporen; proviene del estado de movimiento de las moléculas. El calor es una forma de energía en tránsito.

El calor es una función de trayectoria y se reconoce como una diferencial inexacta, es decir, la cantidad de calor transmitida cuando un sistema cambia del estado 1 al estado 2, depende de la trayectoria que siga el sistema durante el cambio de estado, por lo cual :

$$\int_1^2 \delta Q = {}_1 Q_2$$

Esto es, el calor transmitido durante el proceso entre el estado 1 y el estado 2.

La Cantidad de Calor [Q], es la cantidad de energía suministrada o extraída a una masa conocida de materia para producirle un cambio específico en su temperatura o en su fase y se expresa en (Joule) o (BTU). Así, la cantidad de calor se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$Q = mc \Delta T$$

$$Q = (m)(c)(T_2 - T_1)$$

donde:

Q = cantidad de energía térmica [Kj] ó [Btu]

m = masa [Kg] ó [lb]

c = calor específico [Kj/Kg K] ó [Btu/lb °F]

T<sub>1</sub> = temperatura inicial [K] ó [°F]

T<sub>2</sub> = temperatura final [K] ó [°F]

O bien:

$$Q = (m)(1\text{Btu/lb}^\circ\text{F})(T_2-T_1)$$

Esta expresión, es la razón de flujo de la energía térmica.

Existen dos tipos de calor: el **Calor Sensible** y el **Calor Latente**, los cuales se muestran gráficamente en la figura No. 2 para mayor comprensión:

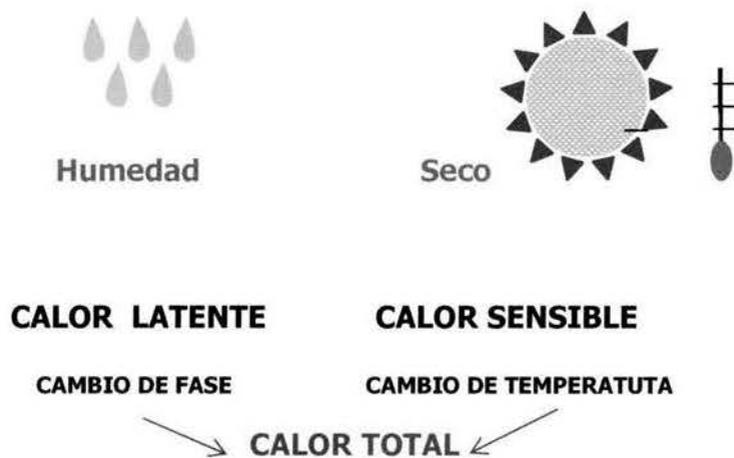


Figura No. 2

### 1.2.1. Calor Latente

Es la energía térmica que produce un cambio de fase en la sustancia, y puede ser de vaporización o de fusión, es necesario recordar que cuando ocurren los cambios de estado en las sustancias, la temperatura permanece constante.

La ecuación del calor latente es:

$$Q_L = 1 \text{ Lb} \times (970 \text{ BTU/Lb}) = 970 \text{ BTU} \quad \text{ó}$$

$$Q_L = 1 \text{ Kg} \times (2257 \text{ Kj/Kg}) = 2257 \text{ Kj}$$

El calor latente de Fusión, resulta después de que un sólido llega al punto de fusión, donde las moléculas tienen su movimiento máximo. Si se sigue suministrando calor, el sólido se comenzará a fundir y pasará a la fase líquida, pero la temperatura permanecerá constante.

La temperatura exacta a la cual ocurre la fusión varía con los diferentes materiales y con la presión. La energía suministrada a una sustancia durante el cambio de la fase sólida a la fase líquida es utilizada por las moléculas en forma parcial para vencer las fuerzas de atracción que las mantiene ligadas y puedan perder su rigidez, es decir, para pasar a formar un fluido.

Para cualquier sustancia, el calor latente de fusión es la cantidad de energía por unidad de masa necesaria para producirle el cambio entre las fases líquidas y la fase de vapor. El cambio de fase ocurre en cualquier dirección a la temperatura de fusión, que es la temperatura a la cual el sólido pasa a líquido y que es la misma a la cual el líquido, estando congelado, pasa a ser sólido.

Por lo tanto, la cantidad de energía necesaria para poder hacer el cambio será la misma en cualquiera de las dos formas y se obtiene de la siguiente ecuación:

$$Q = (m)(h_{if})$$

Donde:  $Q$  = cantidad de calor latente [Btu]  
 $m$  = masa [lb]  
 $h_{if}$  = calor latente de fusión [Btu\*lb]

Por otra parte, el calor latente de vaporización se obtiene cuando, suministramos cualquier cantidad de energía a un líquido después de haber llegado a su temperatura de saturación, ésta es utilizada para separar las moléculas, es decir, aumentar su energía potencial interna. De esta manera el fluido pasará de la fase líquida a la fase de vapor, y como no hay aumento en la velocidad de las moléculas, o sea, en la energía cinética interna, la temperatura del fluido permanecerá constante durante el cambio de fase y el vapor resultante se encontrará a la temperatura de vaporización, o de saturación.

Esto es, a medida que la sustancia cambia de fase de líquido a vapor, las moléculas adquieren más energía para vencer las fuerzas de restricción, incluyendo la fuerza de la gravedad.

Resulta pertinente mencionar que la cantidad de energía necesaria para cambiar de la fase líquida a la de vapor es más grande que la energía necesaria para cambiar de sólido a líquido.

La cantidad de energía que 1 lb masa de líquido debe de absorber para pasar de la fase de líquido a la fase de vapor, o ceder para pasar de la fase de vapor a la fase líquida, se llama calor latente de vaporización, el cual es diferente para distintos fluidos y, al igual que con la temperatura de saturación, varía de manera significativa de acuerdo a la presión que tenga el fluido, ya que al aumentar la presión, aumenta la temperatura de saturación del fluido y se disminuye el calor latente de vaporización.

La cantidad de energía necesaria para vaporizar o condensar, una masa dada de un fluido a la temperatura de saturación, se calcula de la siguiente manera:

$$Q_L = (m)(h_{fg})$$

Donde:  $Q_L$  = cantidad de energía térmica latente [Btu]

$m$  = masa [lb]

$h_{fg}$  = calor latente de vaporización [Btu\*lb ]

Este proceso se ilustra en la figura No. 3

### Calor latente de Vaporización

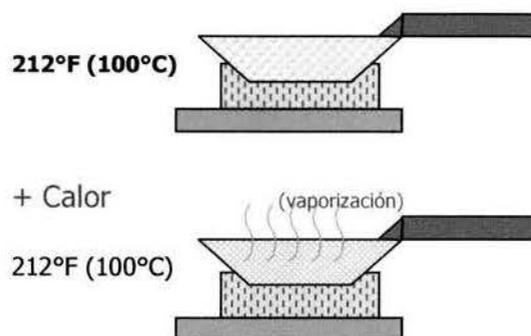


Figura No. 3

Los cambios de estado que se llevan a cabo dentro de las sustancias cuando se están realizando los procesos, en los que se añade o disminuye energía, son los que se muestran gráficamente para su mayor comprensión en la figura No. 4



Figura No. 4

### 1.2.2. Calor Sensible

Se define como la energía térmica que produce un cambio en la temperatura de una sustancia, lo cual se ilustra en la figura No. 5:

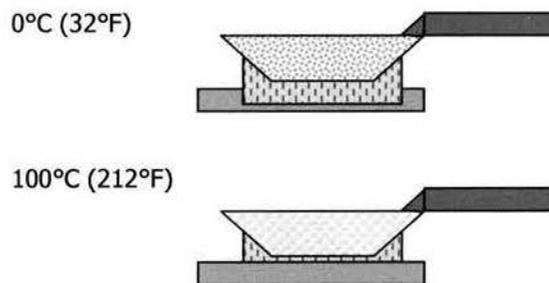


Figura No.5

Por lo tanto, la ecuación del calor sensible es:

$$Q_s = 1 \text{ kg} (100^\circ\text{C} - 0^\circ\text{C}) = 41.9 \text{ Kj} \quad \text{ó}$$

$$Q_s = 1 \text{ Lb} (212^\circ\text{F} - 32^\circ\text{F}) = 180 \text{ BTU}$$

Cuando se le suministra energía a un sólido ya sea en forma de calor o en forma de trabajo, las moléculas empiezan a vibrar con lentitud y la temperatura del sólido comienza a subir; si se le sigue suministrando energía continuará aumentando el movimiento molecular y la temperatura hasta llegar a la temperatura de fusión.

La cantidad total de energía necesaria para aumentar la temperatura del sólido desde, la condición inicial de cero absoluto, hasta la temperatura de fusión, se le conoce como calor sensible del sólido. Su fórmula es la siguiente:

$$Q = (m)(c)(T_2 - T_1)$$

El Calor Sensible de los Líquidos, es cuando una sustancia se le agrega calor o energía y ésta solamente cambia su temperatura antes de llegar al cambio de fase. El líquido que resulta se encuentra a la temperatura de fusión. A este líquido se le puede aumentar más su temperatura si le suministramos energía, y se puede llegar al punto máximo donde las moléculas del fluido tengan la velocidad máxima dentro de los límites de la fase líquida, cuando llegamos a este punto, el líquido tendrá la temperatura máxima dentro de esta fase a una determinada presión.

Al Calor Sensible de Vaporización también se le conoce como sobrecalentamiento. Esto es, cuando se tiene un líquido ya vaporizado, la temperatura podría aumentar si le seguimos agregando calor, proceso al que se le llama calor sensible del vapor, o sobrecalentamiento.

Cuando la temperatura de un vapor es mayor que la temperatura de saturación, se dice que el vapor esta sobrecalentado.

El efecto del calor en el volumen, se presenta cuando se suministra energía, pues con ello puede aumentar la velocidad de las moléculas o la separación

entre ellas. Cuando esto ocurre el material se expande y aumenta la distancia promedio entre las moléculas, por lo tanto, la masa unitaria de la sustancia ocupa un volumen mayor. Pero si se le quita energía a una sustancia libre, se contraerá y por lo tanto ocupará menor volumen.

Cuando calentamos un sólido, o un líquido, se expandirá de acuerdo a la temperatura. En este sentido, se conoce como coeficiente de expansión al aumento de expansión que experimenta un material por cada grado adicional de calor que se le suministra. Hay que tomar en cuenta que esta reacción es diferente y variable para cada material, ya que depende del rango de temperatura en el que ocurra el cambio.

Los sólidos y los líquidos no se comprimen fácilmente, si uno de éstos se encuentra en un volumen determinado que no permita los cambios con los incrementos de temperatura, se creará una presión que puede llegar a romper el recipiente donde se encuentre.

Por lo tanto, el Calor total de una sustancia, como por ejemplo el refrigerante (R-22) es la suma tanto del calor sensible como del calor latente, como se muestra en la figura No. 6

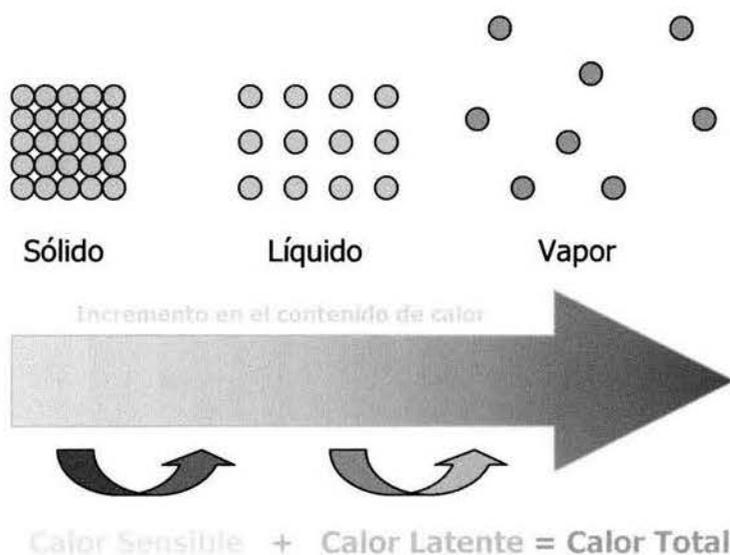


Figura No. 6

### 1.3. Transferencia de Calor

Se denomina transferencia de calor a la energía en tránsito de un cuerpo a otro y se da por una diferencia de temperatura entre ellos. Esta transferencia se da del cuerpo que tiene mayor temperatura al cuerpo que posee menor temperatura como se muestra en la figura No. 7

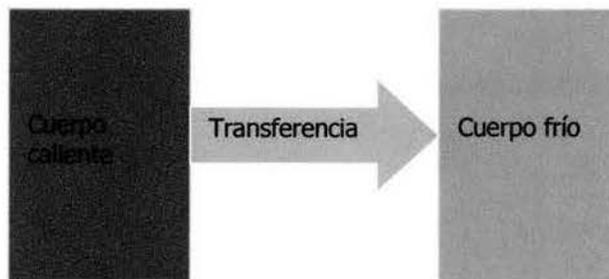


Figura No. 7

A la transferencia de energía también se le conoce como trabajo, y de la misma manera que un cuerpo tiene energía externa, también tiene energía interna, que provoca la velocidad o la posición de las moléculas que lo conforman. Si el cuerpo se encuentra a la misma temperatura que sus alrededores, no habrá transferencia de calor. La razón de transferencia de calor siempre es proporcional a la diferencia de temperatura que causa la transferencia.

En cuanto a la Transferencia de Calor, existen tres métodos de transferencia de calor: por conducción, convección y radiación.

### **1.3.1. Transferencia de Calor por Conducción**

Tiene lugar cuando la energía se transmite por contacto directo entre las moléculas de un cuerpo simple o entre las moléculas de dos o más cuerpos con buen contacto térmico entre ambos, es decir, que las moléculas calientes comunican su energía a las moléculas inmediatas a ellas. La razón de transferencia de calor está en proporción directa a la diferencia de temperatura que se tiene entre las partes de alta y baja temperatura, pero se debe de tomar en cuenta que no todos los materiales conducen el calor con la misma velocidad; algunos lo conducen más rápidamente que otros, como es el caso de los metales. En cambio, tenemos el vidrio o la lana los cuales presentan una mayor resistencia a la conducción de calor.

La capacidad relativa de un material para conducir calor se conoce como conductividad, y se dice que los materiales que tienen alta conductividad se les llaman buenos conductores de calor. Los materiales que son pobres en la conductividad se les conocen como aislantes de calor.

Por lo general, los sólidos son buenos conductores de calor, mejor que los líquidos y, a su vez, los líquidos son mejores conductores que los gases. Esto último es así por la diferencia de estructura molecular que poseen, como por ejemplo: en un gas, debido a que sus moléculas se encuentran muy separadas entre ellas, la transferencia de calor por conducción es muy difícil que se pueda realizar.

### **1.3.2 Transferencia de Calor por Convección**

Esta transferencia de calor se da cuando el calor se desplaza de un lugar a otro por medio de corrientes establecidas, y se producen debido al cambio

de densidad produciéndose a través de la expansión de la porción calentada del fluido.

Cuando se calienta cualquier porción de un fluido, se expande y aumenta su volumen por unidad de masa, entonces esta porción calentada se vuelve más ligera y se desplaza hacia arriba, de una más fría que es la parte más pesada del fluido.

### **1.3.3. Transferencia de Calor por Radiación**

La transferencia de calor por radiación ocurre en forma de movimientos ondulatorios, en donde la energía se transmite de un cuerpo a otro sin necesidad de la intervención de la materia, es decir, solo puede transmitirse a través del vacío. A esta transferencia de energía también se le conoce como energía radiante.

La cantidad de energía radiante que sea reflejada o absorbida, va a depender de la textura o del color del material. Si el material es liso y de color claro, la energía será reflejada, en cambio, si el material es rugoso y de color oscuro absorberán la cantidad máxima de energía radiante.

En resumen se puede decir que el calor es energía en movimiento, y se transmite del cuerpo de alta temperatura al cuerpo que posee menor temperatura, hasta llegar a un equilibrio térmico entre ellos.

A demás de que el calor produce cambios de temperatura, los cuales indican la agitación de las moléculas y se muestra según la ecuación de calorimetría  $E = mc\Delta T$ , que significa la cantidad de calor que se debe de añadir al sistema para variar su temperatura. También produce cambios de estado en la materia y cambios de volumen, los cuales se describen a continuación.

Dentro de los cambios de estado que pueden ocurrir en la materia pueden ser, la fusión y su inverso la solidificación, dónde se produce un cambio de estado sólido a líquido y de líquido a sólido respectivamente; seguido de la vaporización y licuación, es decir, cuando una sustancia pasa del estado líquido a vapor y de vapor a estado líquido respectivamente; y para concluirse tiene en cambio de sublimación y sublimación inversa, es decir cuando se realiza un cambio del estado sólido a vapor y de vapor a sólido respectivamente.

Por lo que se dice o nombra la Primera ley de la Termodinámica que dice que la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma.

Esto hace referencia a la existencia de la energía interna de la materia, la conservación de la energía, y asevera que el calor es una energía en tránsito debido a los cambios de temperatura.

#### **1.4. Humedad**

Se define como la cantidad de vapor de agua por unidad de masa que está contenido en el aire, en un lugar y momento determinados. Existen varios tipos de humedad: humedad absoluta y humedad relativa.

##### **1.4.1 Humedad Absoluta**

Se le conoce como densidad de vapor de agua, y se define como el peso de vapor de agua por unidad de masa, y se expresa en  $\text{lb/ft}^3$

### 1.4.2 Humedad relativa

Se le define como la relación de la presión parcial del vapor en el aire con la presión de saturación del vapor correspondiente a la temperatura existente, o la relación de la densidad del vapor de agua en el aire con la densidad de saturación a la temperatura correspondiente.

Y se expresa de la siguiente manera:

$$HR = (P_{pr} / P_{ps}) \cdot 100$$

Donde:

HR = Humedad Relativa

$P_{pr}$  = Presión parcial real de vapor de agua en el aire

$P_{ps}$  = Presión parcial de vapor de agua en el aire saturado.

**Se define el Punto de Rocío como la** temperatura a la que debe enfriarse el aire (a una presión constante) para saturarse; es decir, para formar gotitas de agua.

### 1.5. Características de la mezcla vapor-aire.

Antes de mencionar las características de la mezcla de vapor-aire, se definirá acondicionar el aire como controlar la temperatura, humedad, distribución y pureza de éste.

### 1.5.1 Composición del Aire

El aire es una mezcla de gases que rodea a la tierra y conforman la atmósfera, los gases que lo componen son el nitrógeno, el oxígeno y el argón. Como se muestra en la figura No. 8

GASES EN %	{	Nitrógeno	78.03
		Oxígeno	20.99
		Argón	0.94
		Dióxido de Carbono	0.03
		Hidrógeno	}
Xenón			
Kriptón			
Otros			
IMPUREZAS	{	Humos de Sulfuros	
		Humos de ácidos	
		CO <sub>2</sub>	
		Polvo	
		Cenizas	
		Minerales	
		Vegetales	
		Animales	
		Microorganismos	

Figura No. 8

El aire, contiene muchas impurezas, como gases sólidos y polvos, entre otros; Los cuales se encuentran en diferentes proporciones dependiendo de la zona en la que se haga el acondicionamiento, como por ejemplo, en las regiones montañosas se concentran mayores cantidades de polvos, en cambio las regiones de los mares se encuentra el aire más puro.

### 1.5.2. Calor Específico del Aire

Este no es constante, ya que depende de la temperatura y se tiene el calor específico a presión constante y a volumen constante y se muestran en las siguientes expresiones:

$$C_p = 0.24 \text{ Btu/lb}^\circ\text{F}$$

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

donde:

$C_p$  = Calor específico del aire a presión constante.

$C_v$  = Calor específico del aire a volumen constante.

### 1.6. Psicometría

Las cartas psicométricas son gráficas que representan las propiedades psicométricas del aire, con estas cartas se hacen los análisis de datos y procesos para la solución de problemas relacionados con el aire. Los valores que se presentan en las cartas psicométricas son para el aire a presiones atmosféricas estándar.

En la figura No.10. se muestra la construcción de la carta psicométrica y las relaciones entre algunas propiedades fundamentales del aire.

La línea vertical son las que muestran las temperaturas de bulbo seco constante, y las horizontales muestran las temperaturas de punto de rocío la cual se define como la temperatura a la cual el vapor de agua en el aire está saturado y son constantes y la relación de humedad. Las líneas diagonales con muy poca separación son las que muestran las temperaturas de bulbo húmedo constante y las líneas inclinadas con mayor separación indican el volumen específico constante.

Las líneas curvas que van del extremo inferior izquierdo hasta el extremo superior derecho son las que muestran la humedad relativa constante. La línea curva que limita a la carta sobre el lado izquierdo es la que representa la humedad relativa al 100% y se conoce como curva de saturación.

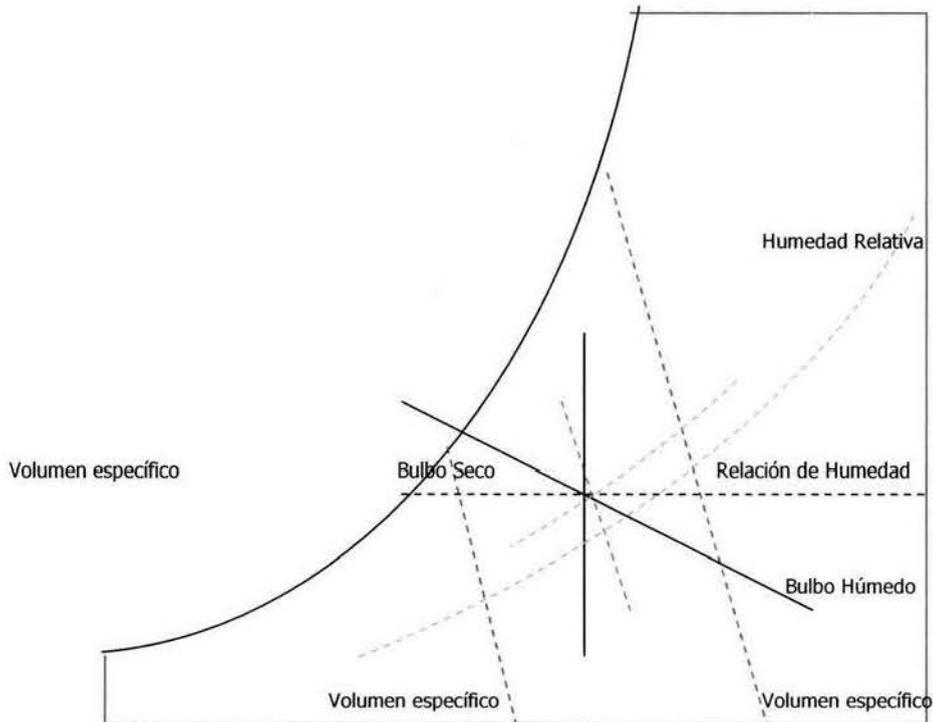


Figura No. 10

## 1.7 Refrigeración

Es la rama de la ciencia que trata del proceso de reducir y mantener más baja que a su alrededor, la temperatura de un determinado espacio.

Se le define en general como cualquier proceso mediante el cual se inyecta aire frío en un área específica, de la que se extrae el calor.

Específicamente, se define como la rama de la ciencia que trata con los procesos para mantener constante la temperatura de un espacio o material a un nivel inferior con respecto de los alrededores correspondientes, esto es, sustraer el calor de un cuerpo o área y ser transferido a otro cuerpo o área cuya temperatura es mayor.

Para poder llevar a cabo un proceso de refrigeración hay que saber el significado de carga de calor, que es la cantidad de calor que se debe de retirar del espacio a refrigerar, para poder mantener la temperatura deseada.

La carga de calor es la producida por el calor que se fuga por las paredes al espacio refrigerado, así como el calor generado por los equipos electrónicos, alumbrado, o personas que se encuentren dentro de éste.

En cualquier proceso de refrigeración se utilizan agentes de refrigeración el cual va a ser el que absorba el calor del espacio refrigerado, a estos agentes se les conoce comúnmente como refrigerantes.

Más adelante se profundiza en los conceptos antes mencionados.

Para poder comprender bien el significado de refrigeración se estudiará el ciclo de Carnot, el cual se describe a continuación.

### 1.7.1 Ciclo de Carnot.

El Ciclo de Carnot reversible, es la base para la realización de cualquier sistema de refrigeración, y se describe a continuación:

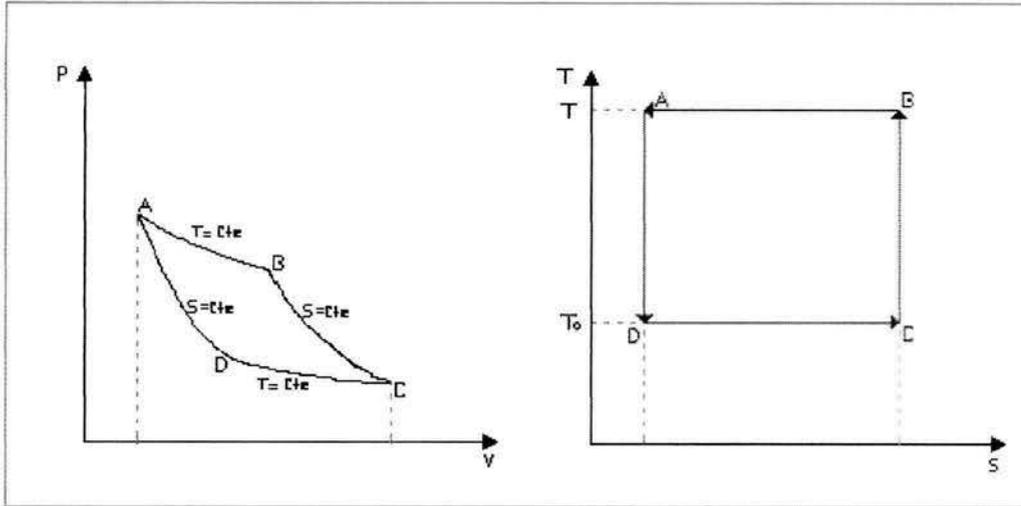


Figura No. 11

En el Ciclo de Carnot, para un gas perfecto se encuentran cuatro operaciones, las cuales se describe en la figura No. 11 una **Expansión Isotérmica**, y sucede de AB dónde se toma el calor a una temperatura T de un depósito caliente; Una **Expansión Adiabática**, la cual sucede de BC y es cuando la temperatura del fluido baja de T a T<sub>0</sub>; Una **Compresión Isotérmica**, dónde el calor es cedido a un cuerpo frío a una temperatura T<sub>0</sub>; y por último sucede una **Compresión Adiabática**, dónde la temperatura del gas se incrementa de T<sub>0</sub> a T.

Si se supone el ciclo reversible, utilizando un gas refrigerante, haciendo referencia a la misma figura No. 11, lo que se obtiene es empezando en el punto C, sucede una **Compresión Adiabática** del punto C al punto B, seguida de una **Compresión isotérmica** del punto B al A, luego le sigue una **Expansión Adiabática**, la cual sucede del punto A al punto D y se

regresa al punto de partida con una **Expansión Isotérmica** del punto **D** al punto **C**.

Sobre el gas refrigerante se realizó un trabajo durante la compresión, y el gas realizó un trabajo durante la expansión. El proceso realizado del punto **C** al **B** se realiza en el **Compresor**, del punto **B** al punto **A**, se realiza en el **Condensador**, del punto **A** al punto **D**, se realiza en la **Válvula de Expansión**, y concluye el proceso del punto **D** al punto **C** en el **Evaporador**.

### 1.7.2 Ciclo de Carnot Invertido o Refrigeración

Es el principio mediante el cual se lleva a cabo el proceso de refrigeración, es decir, el calor se extrae de una fuente de temperatura baja y se expulsa hacia un depósito a temperatura alta. Lo anterior, se muestra en el diagrama de la figura No.12.

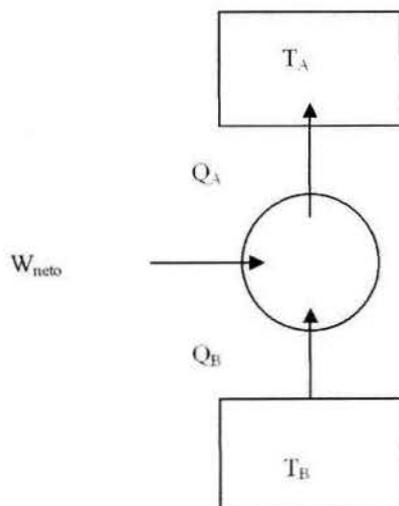


Figura No.12

La función de la refrigeración o del Ciclo de Carnot invertido, es la de mantener un área definida a una baja temperatura mediante la extracción de calor de dicha área.

### 1.7.3 Ciclo de Refrigeración por Compresión de Vapor.

El ciclo de Refrigeración por compresión de vapor refrigerante se considera como una modificación del Ciclo de Carnot, por lo tanto, el ciclo teórico de un refrigerante se va a definir en cuatro procesos los cuales se muestran en la figura No. 13

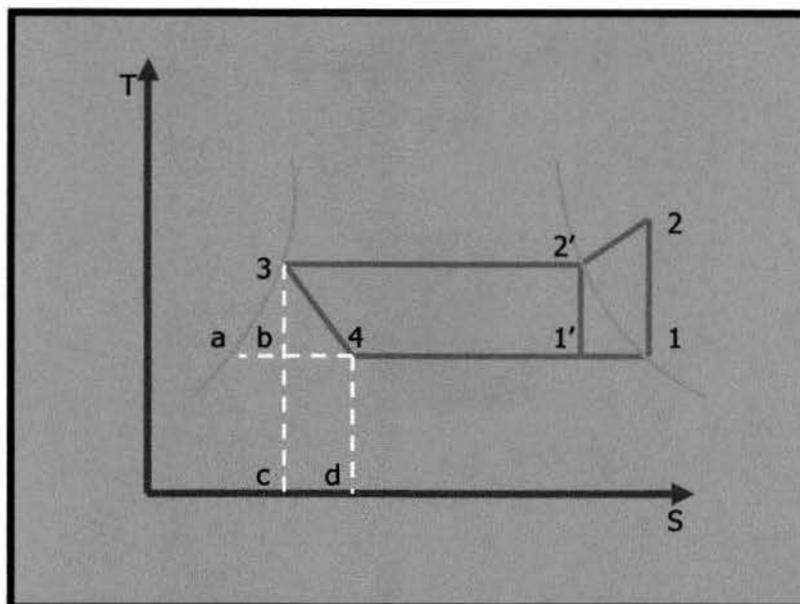


Figura No. 13

Los cuatro procesos que suceden en un vapor refrigerante son:  
de **1-2 se da una Compresión Adiabática Reversible**, de **2-3 se da un Suministro de calor a presión constante reversible**, y de **3-4 una Expansión Irreversible**.

La refrigeración por compresión de vapor, es un ciclo que opera mediante la entrada de vapor saturado a baja presión al equipo de compresión, donde ocurre la compresión de vapor para obtener un vapor sobrecalentado. El calor es cedido a presión constante cuando la sustancia entra al condensador, y se obtiene líquido saturado, y al pasar por la válvula existe un estrangulamiento, donde concluye el proceso y la sustancia entra al evaporador y éste se evapora a presión constante para obtener un vapor sobrecalentado.

Los componentes básicos del ciclo de refrigeración por compresión de vapor son los que se muestran en la figura No.14. los cuales, se describen a continuación:

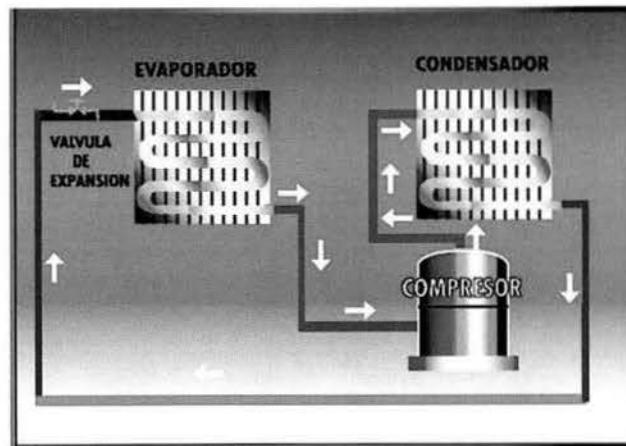


Figura No.14

### a) Válvula Expansión Térmica

Es donde se va a llevar a cabo la expansión aquí la presión del líquido se va a reducir de la presión de condensación a la presión de evaporación, y cuando ocurre la expansión a través del orificio de la válvula, también se va a reducir la temperatura del líquido de la temperatura de condensación a la temperatura de evaporación

La función de la válvula es la de controlar el flujo del refrigerante para que pase al evaporador con un flujo igual a la cantidad que se evaporará y para mantener una presión diferencial entre el lado de alta y de baja presión, para que el refrigerante se evapore a la baja presión deseada y a la temperatura correspondiente.

Para controlar este flujo se cuenta con varios tipos de válvulas las cuales se describe a continuación:

1. **La válvula de expansión manual** la cual se utiliza en equipos donde se requiere de una carga constante.
2. **La válvula de expansión automática**, la cual funciona de la siguiente manera, cuando aumenta la presión en el evaporador, la presión ejercida vence el resorte y cierra la aguja evitando el paso del refrigerante, de manera inversa, al bajar la presión el resorte se expande y se abre la aguja y permite el paso del refrigerante al evaporador. Su funcionamiento se muestra gráficamente en la figura No. 15

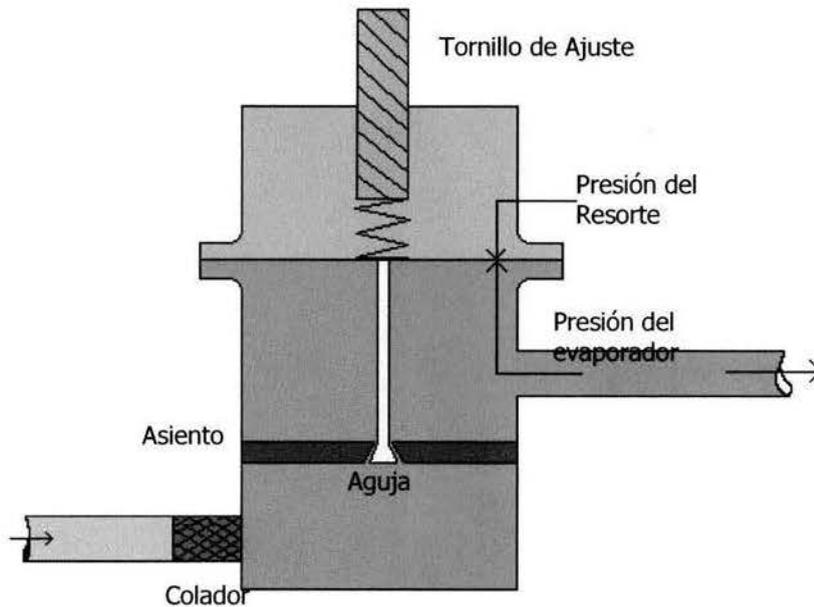


Figura No. 15

3. **La válvula de expansión termostática**, es la de mayor eficiencia y adaptabilidad, ya que mantiene el sobrecalentamiento constante a la salida del evaporador, esto permite tener el evaporador lleno a cualquier carga y evita que entre cualquier líquido al compresor. En este tipo de válvulas, la presión del gas del bulbo debe de ser prácticamente igual a la presión del evaporador. En la figuro No. 16 se muestra el funcionamiento de la válvula descrita.

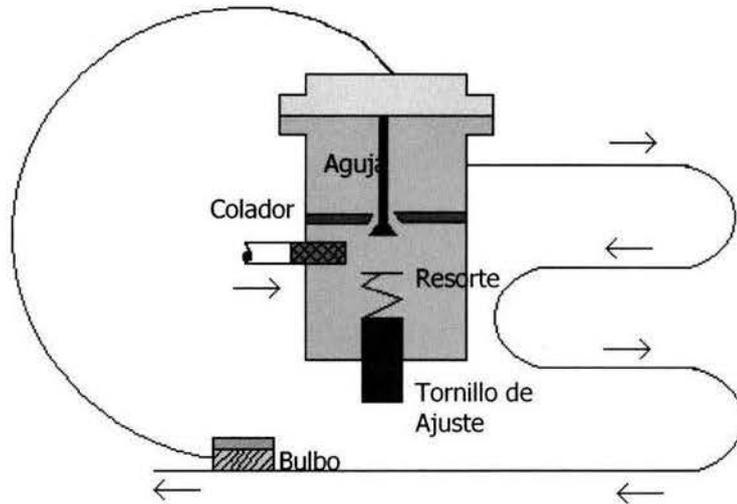


Figura No.16

Esta válvula va a controlar el flujo del líquido y regula la presión del refrigerante a la entrada del evaporador mostrada en la figura 24, las tuberías que conectan las tres partes principales de un sistema de refrigeración, los cuales son el evaporador, el condensador y el compresor tiene dos funciones principales la de suministrar el refrigerante a través del sistema y proveer un camino para que el aceite retorne al compresor.

El refrigerante R-22 en su forma líquida se mezcla con el aceite, llevándolo a través de la tubería, pero en el estado gaseoso, casi no porta cantidad de aceite, el aceite bajo presión en las líneas de descarga de gas caliente se convierte en una neblina. Como se observa en la figura No.17.

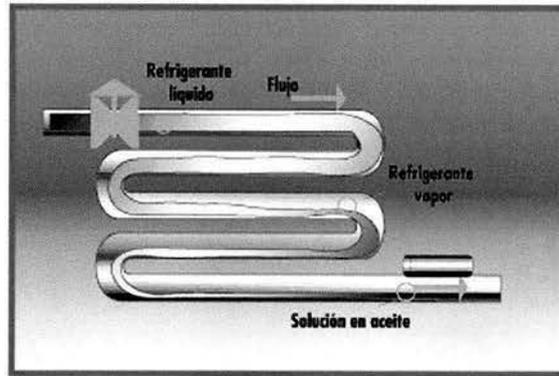


Figura No.17

## b) Evaporador

Es cualquier superficie de transferencia de calor, en la cual se va a vaporizar un líquido para eliminar el calor de un espacio refrigerado.

Aquí se va a realizar el proceso de evaporación, es decir, el refrigerante que sale en estado líquido de la válvula de expansión cambia de estado o cambio de fase a vapor saturado, conforme va absorbiendo el calor del espacio a refrigerar, en esta etapa el proceso de vaporización se realiza a presión y temperatura constante. En este proceso se está añadiendo calor a la sustancia por lo cual se encuentra realizando un trabajo. Como se muestra en la figura No.18.

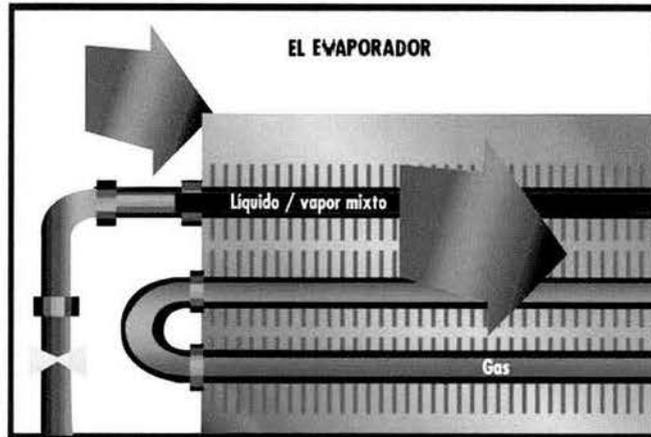


Figura No.18

### c) Compresor

El compresor es la parte más importante de un equipo de aire acondicionado como se muestra en la figura 19, así como del ciclo de refrigeración, ya que es el componente de mayor costo y el que consume mayor energía.

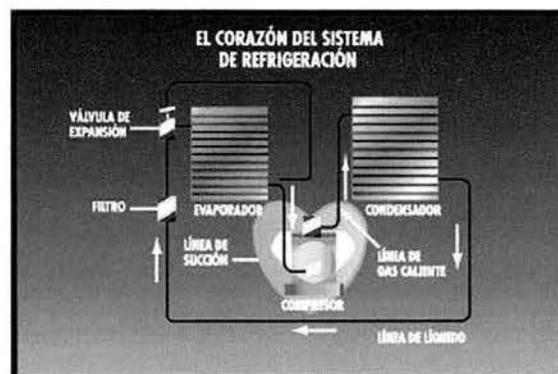


Figura No.19

Es donde se va a llevar a cabo el proceso de compresión, el cual, es un proceso adiabático, es decir, que no hay intercambio de calor, y se lleva a cabo cuando el refrigerante en el estado de vapor saturado, a una baja temperatura y presión, cambia a un vapor sobrecalentado a una alta temperatura y presión.

Existen varios tipos de compresores, uno de los más nuevos en el mercado es el compresor Scroll, ya que ofrece un perfeccionamiento técnico, menos partes móviles, más silencioso, menor tamaño y peso, se le llama Scroll porque tienen una operación en espiral, que al interactuar da una mayor vida al compresor, así como una mayor eficiencia.

El compresor Scroll funciona de la siguiente manera:

Tan pronto el elemento que se mueve de forma circular en forma de órbita hace contacto con el elemento Scroll estacionario, el gas que entra desde el exterior, es atrapado en el espacio o bolsa que queda entre el elemento orbital y el elemento estacionario. Esta bolsa se va reduciendo de tamaño conforme se va acercando al centro. Comprimiendo continuamente, hasta que es descargado el gas por el centro del Scroll.

Lo anterior se describe gráficamente en la figura No.20

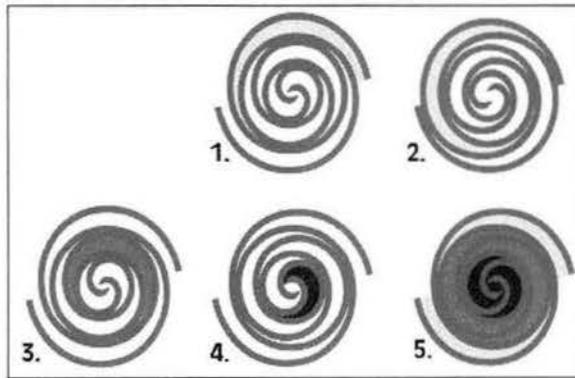


Figura No. 20

#### d) Condensador

El condensador, es una superficie de transferencia de calor, en el cual el calor del vapor refrigerante caliente pasa a través de las paredes del condensador para su condensación. Aquí el vapor sobrecalentado es primero enfriado hasta la saturación y después condensado hasta llegar a la fase de líquido saturado. Este proceso se realiza a presión y temperatura constante. Como muestra en la figura No.21.

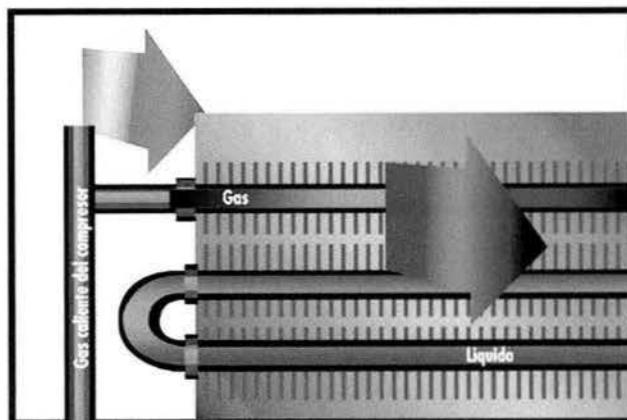


Figura No.21

El calor total absorbido por el condensador va a ser igual al calor absorbido por el evaporador más el calor equivalente al trabajo que suministró el compresor.

En estos equipos el calor cedido por el refrigerante condensante aumenta la temperatura del aire usado como medio para condensar.

En esta etapa, se va a tener algo de aceite en el condensador, donde se mezcla con el refrigerante líquido en el fondo del condensador, llegando esta mezcla a la válvula de expansión, pero como el líquido es más denso, que el gas, la línea de líquido puede tener un diámetro menor que la línea de gas caliente. Por lo que, la presión sobre el líquido determina la temperatura a la cual hierve el refrigerante o cambiará de fase a gas, esto se dará correctamente si el refrigerante en el fondo del vertical está justamente en el punto de balance entre el líquido y el gas, se evaporará instantáneamente si decrece la presión.

Por consiguiente antes de que el refrigerante inicie su ascenso por la línea vertical que une la evaporadora y la condensadora, debe de sub-enfriarse suficiente para que no cambie a gas cuando la presión baje dentro del tope de la vertical como se observa en la figura No.22.

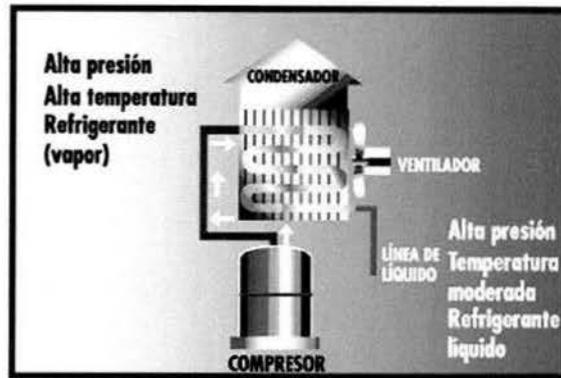


Figura No.22

En resumen el proceso de refrigeración es el siguiente:

El refrigerante en forma de **líquido saturado** va a ser regulado a través de la válvula de expansión térmica a la entrada del evaporador, con el fin de que la cantidad de líquido que entre a éste sea constante. Ye en el evaporador, el líquido saturado se transforma en **vapor saturado a** baja temperatura y presión, listo para entrar al compresor en donde se va a llevar a cabo la transformación a **vapor sobrecalentado** a la salida de éste, y ya en el condensador se lleva a cabo la última transformación para condensar el vapor a un **líquido saturado** para comenzar de nuevo el ciclo en la válvula de expansión térmica. Como se observa en la figura No. 23

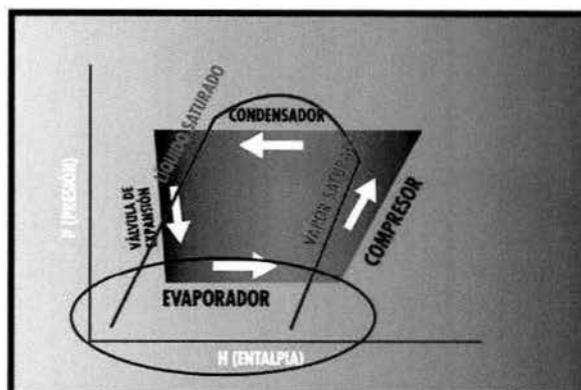


Figura No.23

#### **1.7.4 Carga de Refrigeración**

Se denomina carga de refrigeración a la velocidad a la cual se debe de eliminar el calor de un espacio o de un material, a fin de mantener las condiciones deseadas de temperatura, es decir, la carga de enfriamiento o carga térmica.

En general la carga de enfriamiento del equipo de refrigeración es la suma de las ganancias de calor proveniente de diferentes fuentes, las cuales son:

Calor por conducción, es el calor transmitido por conducción a través de las paredes aisladas.

Aire Caliente, es el calor de un área que debe ser eliminado del aire que se introduce a través, de puertas que se abren y se cierran.

Elemento a refrigerar, es el calor que debe de ser eliminado de un cuerpo para reducir su temperatura y nivelarla a la temperatura del área refrigerada.

Calor Cedido, es el calor generado por la gente que trabaja en un área o espacio, el generado por motores, alumbrado y equipos que producen calor y operan en dicho espacio.

En el cálculo de la carga de refrigeración, se deben de considerar los siguientes puntos:

- a) Transmisión de calor a través de paredes, techo y pisos.
- b) Ganancia de calor debida al efecto solar a través de cristales

- c) Ganancia de calor debida a la infiltración de aire
- d) Ganancia de calor debida a los ocupantes
- e) Ganancia de calor debida a las máquinas o alumbrado
- f) Ganancia de calor debida al aire por ventilación
- g) Ganancia de calor debida a los equipos por refrigerar.

#### **1.7.5 Tipos de Refrigerantes**

Se les define como cualquier cuerpo o la sustancia que actúa como agente de enfriamiento absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia.

Como la refrigeración se basa en la evaporación y en la condensación del fluido para absorber y disipar el calor, el refrigerante que se debe de utilizar debe de poseer las características físicas adecuadas para cumplir con estas transformaciones, es decir de líquido a gas y de gas a líquido.

También se debe de tomar en cuenta, las temperaturas y las presiones a las cuales se van a llevar a cabo las transformaciones, a demás de tomar en cuenta el diseño de los equipos, su construcción y operación.

El efecto de refrigeración de un refrigerante se mide por la cantidad de calor que es capaz de absorber desde que entra al evaporador como líquido, hasta que sale como vapor, por la tanto se dice que los líquidos que poseen un alto calor latente de evaporación poseen un buen efecto de refrigeración.

Dentro del ciclo de compresión de vapor, el refrigerante es el fluido de trabajo del ciclo, el cual alternadamente se vaporiza y se condensa absorbiendo y cediendo calor respectivamente.

Para seleccionar un refrigerante adecuado, se deben de tomar en consideración sus propiedades químicas, físicas, y termodinámicas, las cuales lo deben de hacer seguro y económico durante su uso.

Las propiedades, que hacen seguro a un refrigerante son:

- Debe de ser químicamente inerte hasta el grado de no ser inflamable, explosivo ni tóxico tanto en su estado puro, como con mezclas de aire.
- No debe reaccionar desfavorablemente con el aceite lubricante.
- No debe reaccionar desfavorablemente ante la humedad.
- No debe de contaminar en ninguna forma.

Para la selección de un refrigerante adecuado, se deben de tomar en consideración las propiedades de temperatura y presión de condensación.

**La relación de compresión**, es la que existe entre la presión de compresión y la presión de evaporación.

**La temperatura de vaporización**, depende de la temperatura que se desea en el evaporador y de la humedad relativa que se desea.

**La Temperatura de condensación**, depende de la temperatura del agente del condensador, por lo general es agua o aire.

**El coeficiente de comportamiento** de un refrigerante es la medida de su eficiencia en utilizar la energía gastada en el compresor, en relación con la energía absorbida durante la evaporación. Esta es una de las propiedades más importantes de los refrigerantes.

**La densidad** de un refrigerante es la resistencia que tiene el fluido al circular a través de una tubería.

**En cuanto al calor específico del refrigerante**, en cuanto más pequeño sea, mayor será el efecto de refrigeración.

Los refrigerantes más utilizados en la actualidad para el ciclo de refrigeración por compresión de vapor son los hidrocarburos halogenados los cuales se conocen con el nombre de FREÓN.

Para seleccionar un refrigerante, es necesario tomar en cuenta dos aspectos.

- 1) La temperatura deseada de refrigeración.
- 2) El tipo de equipo que se va a utilizar.

El refrigerante más utilizado en la industria de la refrigeración es el conocido como R22 el cual, tiene un punto de ebullición a la presión atmosférica de -40.8 °C, por lo que las temperaturas manejadas dentro del equipo donde se lleva a cabo la evaporación son muy bajas de alrededor de -87 °C. Tiene una muy buena capacidad para absorber la humedad y presenta menos problemas en los equipos de refrigeración. Actualmente el refrigerante R-22 se está sustituyendo por los refrigerantes ecológicos 134A y 407, para evitar el daño a la capa de ozono.

Las tuberías deben de ser las adecuadas para que pueda fluir el refrigerante en todas sus etapas de cambio de fase dentro del evaporador, esto significa que deben de soportar tanto la expansión, como las contracciones y las vibraciones.

Las tuberías se definen en la American Standard Safety Code of Mechanical Refrigeration (ASA) donde dice que los materiales más utilizados que reúnen las condiciones y propiedades adecuadas para este uso son las tuberías de cobre, latón y acero, éstas dependiendo de los refrigerantes y su uso.

En este caso se utilizan tuberías de cobre ya que constituye un material con ciertas ventajas como son las de su peso, el cual es ligero y resistente a la corrosión así como su fácil manejo para la instalación.

Aquí tenemos refrigerante en fase líquida, a alta temperatura y presión como se muestra en la figura No.24.

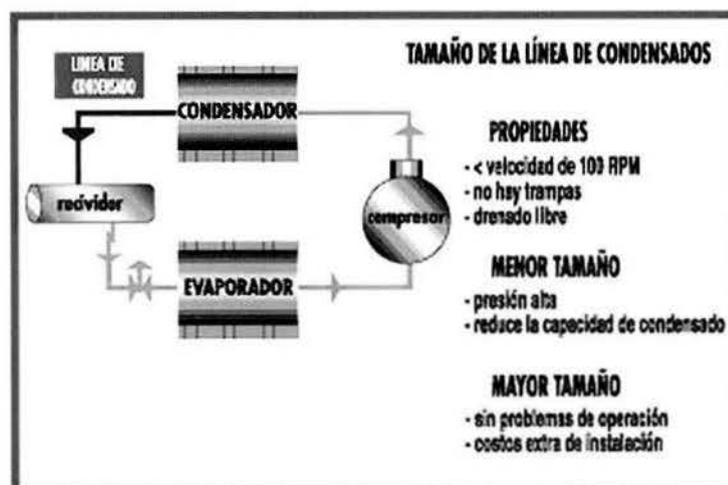


Figura No.24

El refrigerante dentro del proceso de refrigeración atraviesa por varias etapas y cambios los cuales se describen a continuación, tomando como ejemplo el refrigerante R22:

### a) Línea de fase líquida

En esta fase, se va a tener el refrigerante en estado líquido y va a ser controlada la entrada de este al evaporador por medio de la válvula de expansión como se muestra en la figura No.25, aquí el líquido se encuentra a altas temperaturas y presiones.

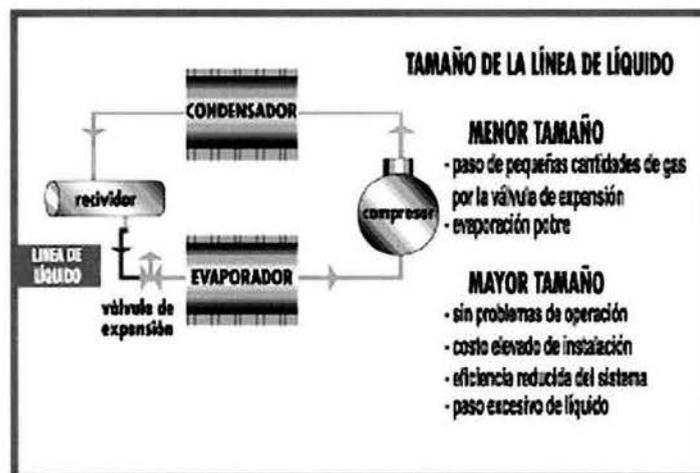


Figura No.25

### b) Línea de Succión

En esta etapa se tienen bajas presiones y temperaturas y el refrigerante sale en estado de vapor saturado para poder entrar al compresor y seguir su proceso como se observa en la figura No.26.



Figura No.26

### c) Línea de Vapor

En esta etapa el refrigerante sale del compresor en forma de vapor para poder entrar al compresor, en esta etapa el refrigerante debe de soportar una presión máxima de 10 PSI ó 41 Kpa y se muestra en la figura No.27.

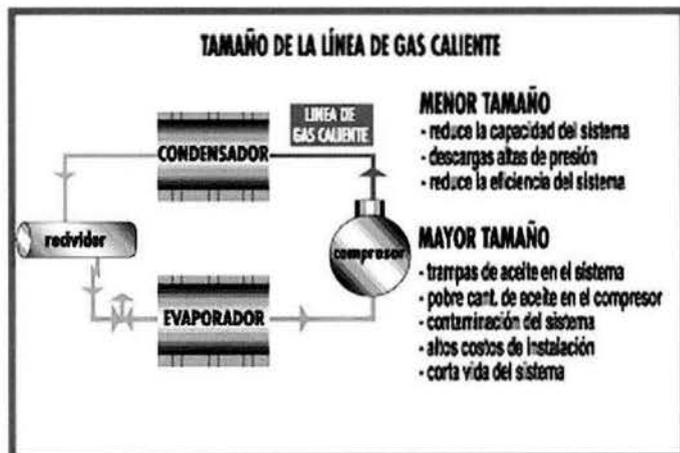


Figura No.27

En la actualidad debido a los problemas de contaminación, los refrigerantes más utilizados como el R-22 están siendo cambiados por los llamados refrigerantes ecológicos, como es el 407-C y a continuación se mencionan algunas de sus propiedades:

Su nombre químico es: Difluorometano Pentafluoroetano y Tetrafluoroetano

El refrigerante 407C no es flamable a temperaturas de hasta 100°C (212°F) y a presión atmosférica, su punto de ebullición: -43.9 °C (-47°F) promedio, su presión de vapor: 171.8 psia @ 25 °C (77°F), su solubilidad en el agua no se ha determinado, su olor se parece ligeramente al éter, es incoloro.

### **1.7.6 Aislantes Térmicos**

Es necesario para impedir el flujo de calor de una región de alta temperatura, a la región de baja temperatura, para conseguir esto, es necesario aislar la región a refrigerar por medio de un buen material aislante de calor, como por ejemplo, la espuma de poliuretano, el vidrio, etc.

## ***CAPITULO 2***

### ***Equipos de Aire Acondicionado***

En el presente capítulo se exponen las bases necesarias para la correcta selección y funcionamiento de los equipos, así como su diseño, bajo las adecuadas condiciones de temperatura y humedad para satisfacer las necesidades de una Central de Telefonía.

#### **Equipos de Aire Acondicionado**

Un equipo de aire acondicionado, es aquel que por medio de un proceso de refrigeración elimina calor del área que se está refrigerando.

A demás de controlar la temperatura necesaria por medio de un termómetro de bulbo húmedo, controla la humedad relativa, así como la absoluta, y mantiene limpio el aire mediante filtros, así como el movimiento de éste para cubrir las necesidades deseadas.

#### **2.1 Comparación entre los equipos de aire acondicionado de confort y los de precisión.**

**El equipo de aire acondicionado de confort** es diseñado para acondicionar áreas donde se encuentran personas trabajando, ya que el calor latente contiene humedad; este equipo opera entre 1,000 y 2,500 horas por año. Además, una de las características más importantes de este equipo, es que el aire acondicionado de confort trabaja el 65% del calor latente y 35% de calor sensible.

**El aire acondicionado de precisión**, por su parte, está diseñado para acondicionar áreas donde se encuentra equipo electrónico y donde por lo general, hay pocas personas operando en éstas. Estas áreas se caracterizan

por manejar un alto contenido de calor seco, y una alta densidad de calor por abatir, además de requerir altos niveles de filtración, y por lo cual los equipos que son necesarios para este tipo de áreas están diseñados para operar las 24 hr del día los 365 días del año. Así mismo, estos equipos están diseñados para las centrales de telefonía, centros de cómputo, cuartos de control, laboratorios médicos, etc. Los equipos de aire acondicionado de precisión controlan la temperatura, la humedad, y el flujo del aire. Es importante considerar que en caso de no tener un adecuado control de los elementos antes mencionados, se pueden presentar diversos problemas, donde los más comunes son los siguientes:

- Si la temperatura se encuentra oscilando fuera de los parámetros establecidos, provocará que la vida de los componentes electrónicos sea reducida.
- Si las temperaturas son altas, pueden provocar que los equipos se apaguen;
- La alta humedad provocará condensación;
- La baja humedad provocará estática

Una de las características más importantes, es que el equipo de aire acondicionado de precisión trabaja el 65% del calor sensible y 35% de calor latente, es decir de manera inversa al equipo de aire acondicionado de confort.

## CONSIDERACIONES DE DISEÑO PARA AMBOS EQUIPOS

<b>Equipos de aire Acondicionado</b>	<b>Equipos de Confort</b>	<b>Equipos de Precisión</b>
Condiciones de Diseño		
Temperatura	21°C - 27°C	22°C - 24°C
Humedad relativa	50 ± 15%	50 ± 5%
Relación de calor sensible	0.6 – 0.7	0.9 – 1.0
Densidad (W/m <sup>2</sup> )	100 – 150	500 – 800
Circ. de aire en el cuarto (cambio/hr)	5 – 15	30 – 60
Horas de operación	1000 – 2500	8760

EJEMPLO:

**Las consideraciones de carga en WATTS por metro cuadrado** para hacer una comparación entre equipos de aire acondicionado de confort y aire acondicionado de precisión.

	<b>CONFORT</b>	<b>PRECISION</b>
Personas	10	2
Luces (piezas)	20	20
Equipo (w)	30	600
Paredes	25	15
Filtración de aire exterior	<u>15</u>	<u>3</u>
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>640</b>

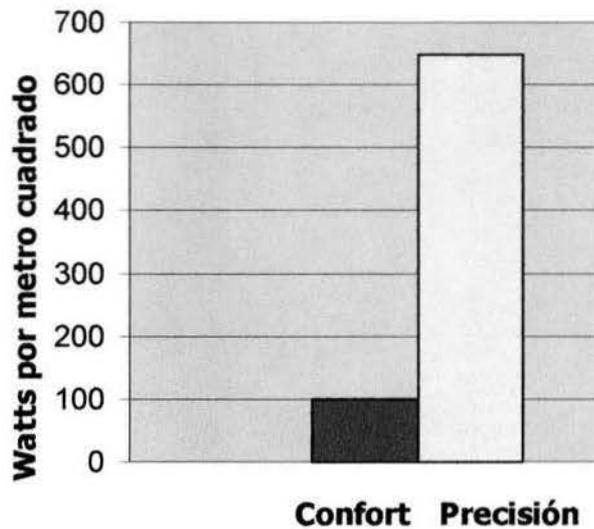


Figura No. 28

Como puede observarse en la gráfica de la figura No.28, la densidad de calor es de 5 a 7 veces más alta en una central telefónica, que en un área típica de oficina.

### COMPARACIÓN DEL RADIO DE CALOR SENSIBLE

Consideremos un típico edificio de oficinas y una central telefónica, para comparar el calor sensible dentro de éstos, sin olvidar que dentro de este calor se consideran los porcentajes de humedad, como se muestra en la figura 29. Este radio de calor sensible es un parámetro de diseño que las empresas dedicadas a la fabricación de estos equipos establecen.



En cuanto a la humedad relativa; se es alta puede provocar corrosión, condensación y hongos, pero si se tiene una baja humedad relativa, se presentarán problemas de electricidad estática, es decir ruido como se muestra en la figura No.30.

### COMPARATIVO ENTRE PORCENTAJES DE TEMPERATURA

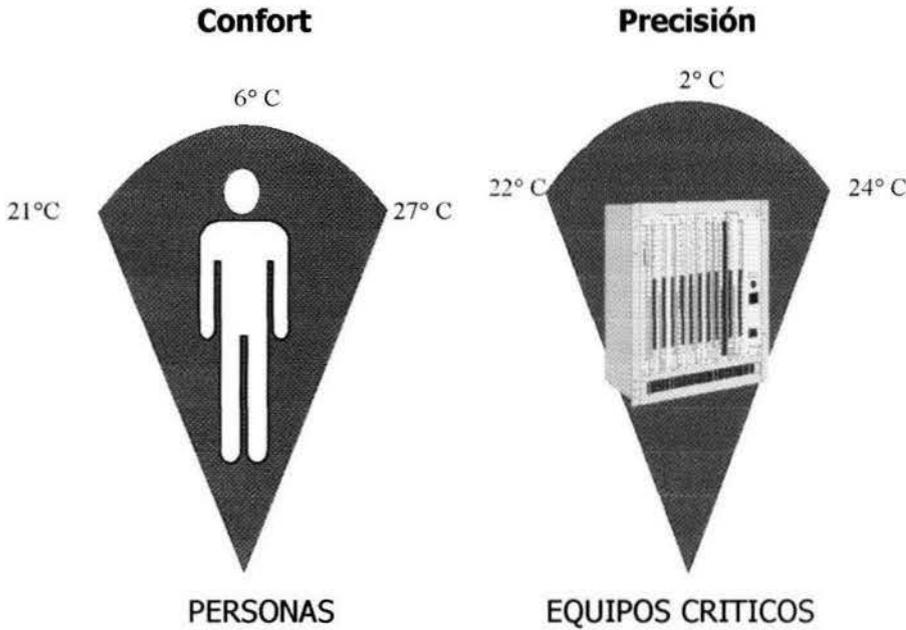


Figura No.31

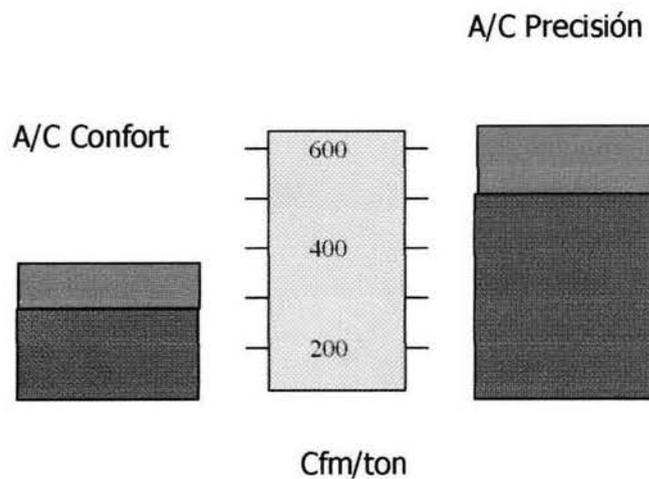
Otra de las diferencias entre estos equipos las cuales son fundamentales para el correcto funcionamiento y mantenimiento de los equipos de la central telefónica, o cualquier otra donde se tenga equipo electrónico, es la denominada "razón de cambio de temperatura", que en los equipos de confort es de aproximadamente 5°F/min, y en los equipos de precisión es de 0.15°F/min, Como se muestra en la figura 31.

Los Equipos de confort por lo general se utilizan en época de verano, cuando las personas sienten las oficinas calientes, esto es entre 120 y 150 días al año, por lo cual requieren que los equipos funcionen entre 8 y 10 horas al

día; en cambio, los equipos de precisión deben de funcionar los 365 días del año, las 24 horas, ya que los componentes electrónicos de los equipos de la central telefónica, necesitan mantener ciertas condiciones de humedad y temperatura todos los días del año.

Las personas, generan calor latente, es decir con gran cantidad de humedad; en cambio, las máquinas únicamente generan calor sensible, es decir seco, por lo cual en las oficinas se genera una densidad de calor de alrededor de  $100 \text{ w/m}^2$ , en tanto que en un cuarto de máquinas estamos hablando de  $1000 \text{ w/m}^2$ .

Otro factor importante a considerar, son los cambios de aire que hay en el ambiente. En el caso de los equipos de aire acondicionado de confort, el movimiento de aire es aproximadamente entre 350 y 400 CFM, y en el caso de los equipos de aire acondicionado de precisión va desde los 500 a 600 CFM. A continuación, estas diferencias, se muestran en la figura No.32



Cantidad de aire

Figura No. 32

Un análisis de costo por tonelada de refrigeración, comparando el equipo de aire acondicionado de confort y el aire acondicionado de precisión, muestra los siguientes resultados:

**Equipo de aire acondicionado de Confort:**

$$\frac{(0.75 \text{ kW / ton}) \times (8760 \text{ Hr}) \times (\$0.10 \text{ KwHr})}{0.6 \text{ SHR}} = \$1095 / \text{Ton}$$

**Equipo de aire acondicionado de Precisión:**

$$\frac{(0.75 \text{ kW / ton}) \times (8760 \text{ Hr}) \times (\$0.10 \text{ KwHr})}{0.9 \text{ SHR}} = \$ 730 / \text{Ton}$$

**2.2 Comparativo de características, propiedades y capacidades entre los equipos de aire acondicionado de precisión que hay en el mercado del mercado.**

**Aire Acondicionado Marca AIRFLOW**

**Modelo AFX2000**

Características

- Modular
- Acceso Frontal (Figura No. 33)
- Compresor Scroll
- Microprocesador 4.0 Data Guard
- Capacidades: Módulo sencillo: 6 y 8 toneladas de refrigeración.
  - Módulo doble: 10, 12, 14 y 18 toneladas.
  - Módulo Triple: 20,26 y 28 toneladas.

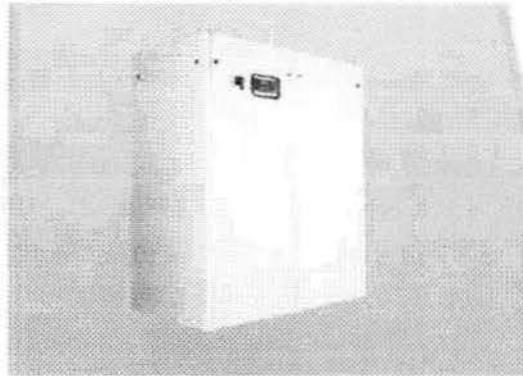


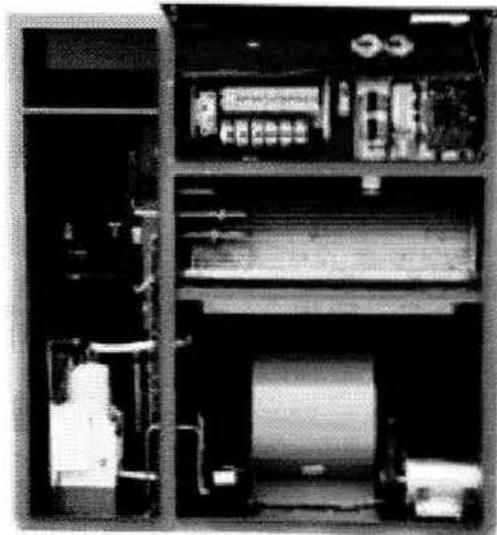
Figura No.33

## **Aire Acondicionado Marca ATS**

### **Modelo CYBER TWO**

#### Características

- Compresor Scroll
- Humidificador Canister
- Acceso Frontal (figura No.34)
- Capacidades de 8,10,18,20 toneladas
- Descarga superior



Vista frontal del equipo

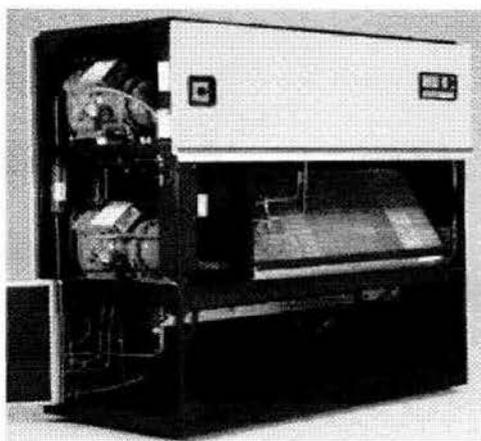
Figura No.34

## Aire Acondicionado Marca LIEBERT

### Modelo DELUXE SYSTEM/3

#### Características:

- Compresor semi-hermético en un compartimiento separado, que nos da mayor confiabilidad, mayor eficiencia y es de 4 etapas. (Figura No.35)
- Humidificador infrarrojo
- Casco y tuberías de condensador más limpias
- Descarga superior o inferior
- Capacidades 6, 8, 10, 15, 20, 22, 30T.R.



Vista frontal del equipo con la distribución general

Figura No.35

## SELECCIÓN

De comparar las características principales que tienen estos equipos y tomando en cuenta otras más relativas a la calidad, y el servicio de los componentes de los equipos, funcionalidad, facilidad de acceso para la realización de mantenimientos, capacidad de respuesta en caso de alguna contingencia, sistema de soporte a través de microprocesadores donde se registran las alarmas y sistemas de aviso sean celulares, pantalla o sonoras, y manejabilidad para operarios, se decidió, que la mejor opción para satisfacer

las necesidades operativas de la central telefónica es el equipo Deluxe System/3 de la marca Liebert, del cual en el punto siguiente se describirán a fondo sus características.

### **2.3 Selección y Características del equipo Deluxe System/3 de Precisión**

Estos equipos se encuentran disponibles desde la capacidad de 6 toneladas, hasta las 30 toneladas de refrigeración, es la mejor opción para los cuartos críticos de la central telefónica, ya que son áreas donde tenemos gran cantidad de equipo electrónico y los procesos de control.

Este equipo esta formado por un compresor semi-hermético, un evaporador, un humidificador infrarrojo.

Otra ventaja que nos proporciona el equipo de precisión es la filtración del aire, que puede ser desde 20 % hasta el 85 % la cual se utiliza en el caso de empresas que requieren una "pureza" muy especial en el aire. Lo anterior con el fin de tener la mínima cantidad de polvo en el ambiente ya que el polvo se adhiere a la superficie de las pistas en las tarjetas de los equipos electrónicos y puede, en conjunción con la humedad, hacer un cortocircuito en las mismas.

Funcionan en un ambiente controlado a 20 °C (68°F) y 50 % de humedad relativa de acuerdo a la recomendación del estándar ASHRAE 127-1988 para centros de cómputo.

## Especificaciones del equipo:

- Marca Liebert modelo Deluxe System/3
- Enfriamiento AIRE
- Capacidad 20 Toneladas de refrigeración
- Con microprocesador avanzado como se muestra en la figura No.36, con historia de alarmas, condiciones de operación del cuarto y del equipo además de 7 alarmas programadas del usuario, incluye también autodiagnóstico y clave de acceso para modificar parámetros de funcionamiento del equipo.

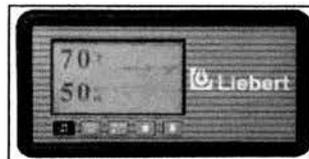
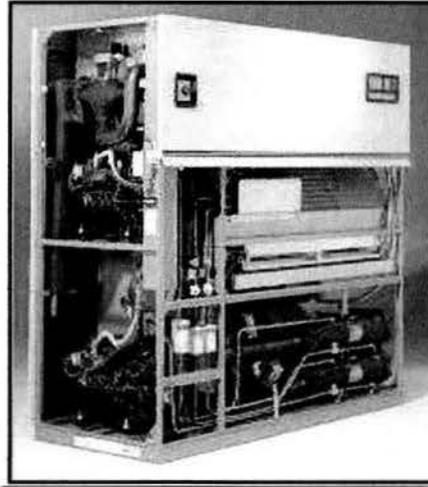


Figura No.36

- Control de compresor de ciclo corto.
- Sistema de restablecimiento automático.
- El tiempo de retardo es programable.
- Panel Eléctrico con protectores de sobre-corriente para cada componente.
- Sección del Ventilador silenciosa de baja velocidad con dos sopladores.
- Humidificador infrarrojo
- Precalentador Eléctrico
- Filtros planos de 2" (51 mm) con una eficiencia del 20 % de acuerdo al estándar ASHRAE 52-76
- Serpentin de enfriamiento de aluminio

- Motor con control de velocidad
- Control de Válvulas de 3 pasos
- Compresor semi-hermético de alta eficiencia, silencioso tipo SCROLL
- Vista frontal del equipo y partes descritas anteriormente se muestran en la figura No.37



Unidad evaporadora del aire acondicionado

Figura No.37

### **Descripción General**

El sistema está diseñado para condiciones de temperatura y humedad en el espacio que contiene al equipo electrónico.

El fabricante diseña y termina el producto para ser plenamente compatible con los requerimientos de disipación de calor a las condiciones del cuarto.

### **Requerimientos de diseño**

El sistema de control ambiental es de fábrica auto contenido ensamblado de fábrica con descarga inferior. El sistema tiene una capacidad de enfriamiento

total a 22.2 °C Bulbo seco y 15.5 °C Bulbo húmedo con 50 % de humedad relativa y para abatir una carga de calor latente de **217,600** BTU/hr con una capacidad de enfriamiento sensible de **196,800** BTU/hr. La unidad funciona a 208 VCA, 3 fases y 60 Hz de alimentación.

### **Construcción de gabinete y estructura**

La estructura es de acero tubular y soldadura de arco. La pintura es de las características adecuadas para soportar condiciones hostiles de corrosión.

La parte exterior del gabinete tiene un aislamiento mínimo de 1 pulgada (25.4 mm), y de 1.5 lb (0.68 kg). La parte principal del gabinete está asegurada con tornillos de ¼ de vuelta. El tablero exterior es tratado con pintura en polvo.

El aislamiento térmico empleado en las unidades cumple con el NFPA-90A y tiene un coeficiente de propagación de flama menor a 25 y un coeficiente de liberación de humo menor a 50. Todos los equipos están certificados de acuerdo a las normas U.L. y A.R.I. y las plantas de fabricación están certificadas ISO- 9000

### **Filtros**

La cámara de los filtros es parte integral del sistema, localizado dentro del gabinete y su acceso para mantenimiento es por ambos extremos de la unidad. Los filtros cumplen con la norma ASHRAE 52-1 para una eficiencia de **20%**.

## **Sección de Ventiladores**

Los ventiladores son del tipo centrífugo, doble ancho doble hélice están estática y dinámicamente balanceados como un ensamble completo a un nivel máximo de vibración de dos milésimas en cualquier plano. La flecha es de acero para servicio pesado con rodamientos de auto alineación con un mínimo de **10,000** hr de OPERACION. El motor del ventilador es de 10 HP a 1750 R.P.M. 60 Hz y montado sobre una base ajustable. El mecanismo impulsor es de doble banda, velocidad variable dimensionada a una capacidad del 200 % de la potencia del motor del ventilador.

Los ventiladores están localizados en la parte superior del evaporador para una mejor DISTRIBUCION del aire y eficiencia del mismo.

## **Sistema de refrigeración dual**

Cada circuito de refrigeración incluye un sistema de escape de gases calientes, secadores de filtro de línea líquida, un visor de nivel de refrigerante con indicador de suciedad ajustable, válvulas de solenoide de línea líquida.

## **Compresores semi-herméticos de 4 etapas**

Los compresores están localizados en un compartimiento separado de manera que se le pueda dar servicio, estando el equipo en operación.

El compresor es de tipo semihermético con un motor enfriado por el gas de succión, aisladores de vibración, sobrecarga térmicas, visor de nivel de aceite, interruptor de presión alta y restablecimiento manual, bomba para el interruptor de baja presión, un filtro para la línea de succión, bombas de aceite reversible para lubricación de alimentación forzada, una velocidad de

operación máxima de 1750 RPM, como se muestra en la figura No.38 y No.39.

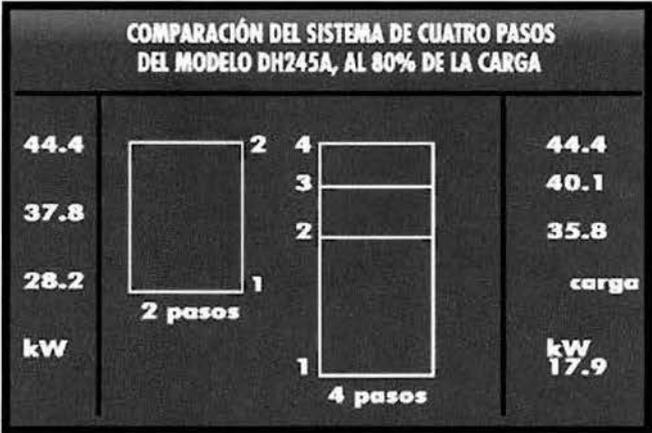


Figura No.38

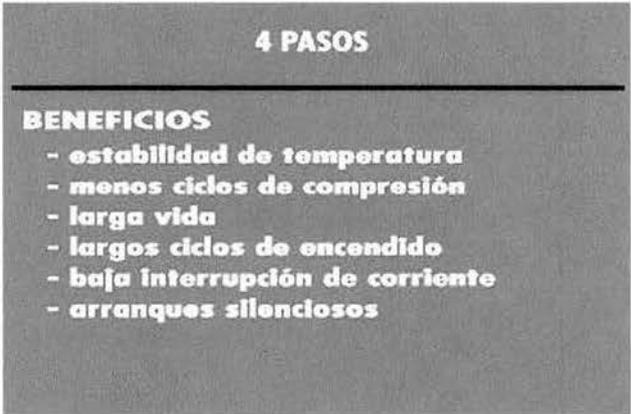


Figura No.39

## Humidificador Infrarrojo

El humidificador es del tipo Infrarrojo, el cual consiste en una lámpara de cuarzo de alta intensidad montada por la parte de arriba y afuera del suministro de agua. La base del evaporador es de acero inoxidable y tiene la posibilidad de realizar los servicios sin desconectar ninguna parte eléctrica del equipo. La sección completa del humidificador es pre-entubado y listo para conexión final. El sistema de humidificación Infrarrojo dispone de derivación ("bypass") de aire para prevenir una posible sobre humidificación del espacio a controlar. El humidificador tiene una capacidad de **22 lb / hr (10 kg / hr)** y un consumo de **7.2 kW**. El humidificador está equipado con un sistema de suministro de agua automático. El sistema tiene una sobrealimentación ajustable de agua para evitar la precipitación de minerales. Como se muestra en la figura No.40.

Todas las tuberías de distribución de agua son de acero inoxidable y las espreas en materiales antioxidantes. Todas las secciones de humidificación incluyen mirillas de observación.



Figura No.40

La humidificación, es el proceso por el cual se aumenta la humedad específica y la cantidad de calor en el aire, dependiendo el proceso, esta humedad se

aumenta agregando agua, la cual se absorbe en forma de calor, es decir, el agua vaporizada en el aire absorbe calor del propio aire, lo que provoca un descenso en la temperatura.

La deshumidificación, es necesaria en los procesos de refrigeración, la humedad puede removerse por absorción de líquidos o en sólidos. El proceso se lleva a cabo en dos etapas: el enfriado hasta el punto de rocío; después, hasta condensar y eliminar el agua necesaria para alcanzar el punto de rocío del estado final. En el momento en que se encuentre separada la humedad, se puede proceder a recalentar hasta llegar a la condición final, sin agregar o quitar agua.

### **Procesador Avanzado de Control**

El sistema de control está basado en microprocesador. El sistema de lectura digital es a base de pantalla de cristal líquido con el propósito de observar los siguientes parámetros de control:

- . Ajuste de temperatura 65-85 °F ( 18-29 °C)
- . Sensibilidad de temperatura +/- 1 °F -10 °F ( 0.6-5.6 °C )
- . Ajuste de humedad 20-80 % RH
- . Sensibilidad de humedad 1%-30% RH
- . Alarma de alta temperatura 35-90 °F (2-32 °C)
- . Alarma de baja temperatura 35-90 °F (2-32 °C)
- . Alarma de alta humedad 15-85 % RH
- . Alarma de baja humedad 15-85 % RH

Modos de operación normal (Calentamiento, Enfriamiento, Humidificación, Deshumidificación) son indicados en la pantalla de cristal líquido.

El sistema de control monitorea, opera y activa una alarma visual y audible cuando se presenten cualquiera de los siguientes eventos:

- . Temperatura alta
- . Temperatura baja
- . Humedad alta
- . Humedad baja
- . Sobrecarga del compresor
- . Sobrecarga del abanico principal
- . Problemas en el humidificador
- . Filtros de aire obstruidos
- . Pérdida de flujo aire
- . Alta presión en el sistema
- . Detección de humos
- . Agua bajo el piso
- Presión de succión baja
- Protección del compresor contra ciclos cortos de operación
- Pérdida de energía
- Pérdida de flujo de agua
- Alarmas modificables

- Detección de humo
- Unidad en Espera

El sistema de control del compresor está protegido para evitar ciclos cortos de arranque - paro del compresor a un mínimo de tres minutos entre ciclos.

### **Circuito del evaporador marco-A**

El circuito del evaporador es diseñado con marco en forma-A con 1.91 m<sup>2</sup> de área frontal y seis líneas de tubo.

Está construido con tubos de cobre y disipadores de aluminio, tiene una velocidad de cara de 398 pies por minuto (2.03 m/seg) a 8,400 pies cúbicos por minuto CFM (14,270 cm<sup>3</sup> por HR). El circuito de aire está diseñado para distribuir el aire dentro de la superficie frontal completa del circuito, Como se muestra en la figura No.41.

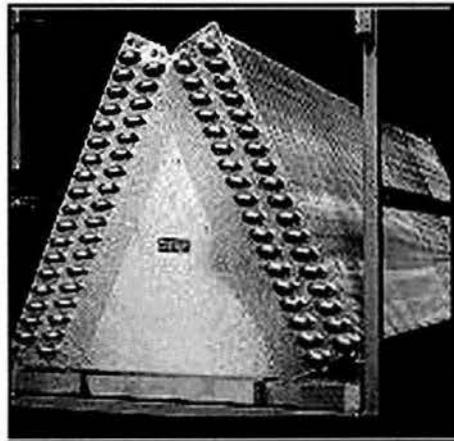


Figura Serpentin

Figura No.41.

## **Dimensiones de la Evaporadora**

92" X 33" X 72" (2337 X 889 X 1829 mm)

Peso: 1,715 lb (778 kg)

## **Características de la Condensadora**

### **Descripción**

Es un condensador enfriado por aire de ventilador de bajo consumo de energía como se muestra en la figura No.42, utiliza uno o múltiples circuitos refrigerantes, cada uno de los cuales balancea adecuadamente la transferencia de calor a su correspondiente compresor que mejor corresponda a la temperatura ambiente de operación, construido de aluminio con un circuito de cobre y disipadores de aluminio, es de fácil instalación y con mucha accesibilidad para darle servicio.

La unidad es silenciosa y resistente a la corrosión. Es de fácil y rápida instalación debido a que todo su cableado interno es instalado de fábrica y solo alguna instalación deberá ser hecha en el sitio. Cuenta con 5 tipos de controles eléctricos, cada uno de los cuales está montado con el condensador.

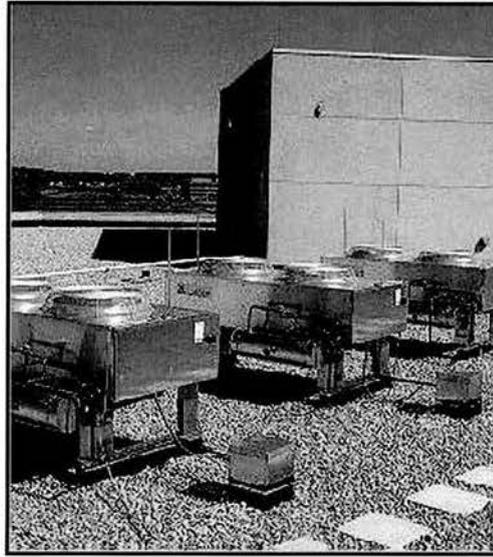


Figura No.42.

### **Base**

La unidad incluye un tablero para la conexión del motor y su línea.

### **Tablero Principal**

Provee un contactor y un circuito contactor de 24 Voltios para control remoto.

### **Ciclo de Ventilación**

Control provisto para la presión de entrada en múltiples unidades de ventilación para un ciclo o más de ventiladores. La presión del refrigerante o temperatura ambiente provee la señal de control para definir el número de ventiladores a operar.

## **Velocidad de Ventilación**

El sistema de control es un método aprobado para un máximo control eléctrico. El número de ventiladores es modulado en respuesta a la presión del refrigerante. El balance de ventiladores en unidades multiventiladores es alternado en un ambiente controlado. Es de máxima confiabilidad debido a que los condensadores son alambrados y preparados hidráulicamente, así como probados en fábrica, los problemas de arranque son eliminados y la confiabilidad del sistema total es incrementada.

Controla la velocidad del ventilador y la baja temperatura para la estación de invierno ya que en esta época se manejan temperaturas y condiciones muy bajas.

Las unidades poseen un sistema de control automático de velocidad de ventiladores para mantener constante la temperatura de condensación y la capacidad del sistema en invierno. Los motores de ventiladores auxiliares son controlados por termostatos de ambiente.

Este sistema permite operaciones a temperaturas ambiente tan bajas como -20 °F.

El sistema está diseñado para las condiciones de temperatura y humedad en el espacio que contiene al equipo electrónico.

El fabricante diseña y termina el producto para ser plenamente compatible con los requerimientos de disipación de calor a las condiciones de la Central Telefónica.

## **Requerimientos de diseño**

Cada condensador consiste en su propio gabinete, bobina del condensador, bobinas de aspa o propelas directamente impulsados por un motor individual, rejillas de protección de los ventiladores y patas de soporte.

Los motores de los ventiladores están diseñados para una operación a 208 VAC, 3F, 60 Hz.

El gabinete del condensador está construido de hoja de aluminio abrigantada.

Los elementos de soporte de la estructura, incluyendo el soporte de bobinas, el marco, el motor y el soporte impulsor, son de acero galvanizado para una resistencia a esfuerzos y corrosión.

Las patas de aluminio con agujeros, son provistas para fijar la unidad en su posición.

## **Serpentín para condensación**

Está construido de tubos de cobre. Los tubos están expandidos continuamente, dentro de disipadores de aluminio, los cuales deberán envolver completamente al tubo de cobre. El serpentín de condensación se encuentra deshidratado, evacuado y sellado.

## **Motores del ventilador**

Los motores están equipados con protección contra lluvia y sus baleros se encuentran sellados permanentemente. Incluyen una protección de sobrecarga y están rígidamente montados en soportes de acero galvanizados.

## **Control Eléctrico**

Todas las conexiones eléctricas están provistas en un gabinete a prueba de ambiente. El gabinete está integrado al condensador para protección y que tenga una apariencia adecuada.

El peso del equipo es de 297 lb (495 Kg).

## **DATOS GENERALES**

No. Ventiladores	2
Conexión equipo condensador líquido	(7/8) pulgadas
Conexión equipo condensadora gas	(1/4) pulgadas

Para la instalación de los equipos se requiere realizar:

- a. Flete y maniobra al sitio
- b. Instalación hidráulica
- c. Instalación eléctrica
- d. Interconexión hidráulica y de control entre los equipos manejadores y los condensadores

## **Funcionamiento y descripción operativa de la redundancia**

En condiciones normales los equipos estarán trabajando alrededor de un 100% por lo que los compresores estarán trabajando al máximo de su capacidad.

El acoplamiento de la condensadora con la manejadora es automático, esto significa que en el momento en que la manejadora, por medio del microprocesador, detecta una diferencia de temperatura manda la señal a la condensadora para arrancar.

El sistema de aire acondicionado está diseñado para operar 24 horas los 365 días del año sin parar.

En el caso de la redundancia el equipo está diseñado para alternar el funcionamiento de los equipos por medio del control alternador.

Este dispositivo alterna las unidades en operación normal, y también en caso de alarma pasará de la unidad que esté funcionando a la otra automáticamente. Además balancea el tiempo de funcionamiento de cada unidad para alargar la vida del sistema.

El sistema funciona para controlar hasta 3 unidades de aire acondicionado y es alimentado a 24 V.

#### **Funciones Estándar del alternador de unidades:**

- Alarmas comunes de entrada y control de salida
- Pantalla de cristal líquido para leer parámetros
- Ciclo auto ajustable hasta por 99 días
- Tiempo de cambio ajustable después de detectar una alarma hasta 20 minutos
- Se puede seleccionar que se apague el equipo alarmado después de la alarma
- Reloj
- Memoria para eventos y configuración
- Selección manual de control de unidades
- Selección de dos o tres unidades

- Alarmas comunes de salida normalmente abiertos a 120 VCA 1 A.
- Botón de alarma silenciosa
- Alarma de restablecimiento

Ambos equipos de aire acondicionado se estarán monitoreando y en el caso de que haya alguna falla de alarma ésta se verá en la pantalla de monitoreo central y se procesa antes de cualquier contingencia.

En el caso de una falla mayor en alguno de los equipos de aire acondicionado de la Central Telefónica se cambiará automáticamente al otro por medio del alternador de unidades y mandará la señal a la consola central de monitoreo, indicándonos la falla para proceder a actuar.

En caso de fuego o una alarma mayor de emergencia (especificada por el usuario) se programará un apagado automático de las unidades.

### **Detector de líquidos**

Es plateado, anticorrosivo, se conecta al aire de precisión es puntual y nos va a permitir detectar la presencia de humedad con posibilidad de comunicación. Es alimentada por una fuente de poder de 12 VCD.

### **Descargas**

Dentro de estos equipos tenemos dos opciones de acuerdo a las necesidades del cliente, en nuestro caso utilizaremos la descarga por la parte inferior utilizando la llamada cámara plena, como se muestra en las Figuras No.43 y 44.



Figura No.43

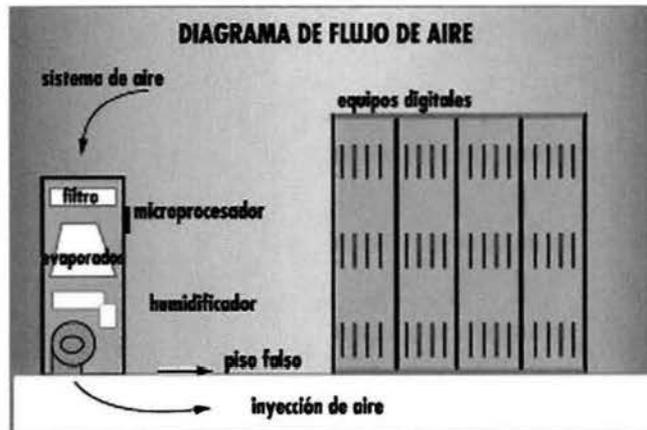


Figura No.44

Requerimientos: Línea eléctrica, línea de drenaje y línea de agua.

Para el correcto funcionamiento y cubrir las necesidades, se recomienda tener un equipo de respaldo y poder obtener seguridad en el sistema, mayor vida de los equipos, redundancia es decir, para que en caso de que se presente una falla, la carga la tomen los equipos adicionales y no exista interrupción de suministro de aire, nos permite una expansión en el área, o aumentar el número de equipos para un crecimiento futuro.

## **CAPITULO 3**

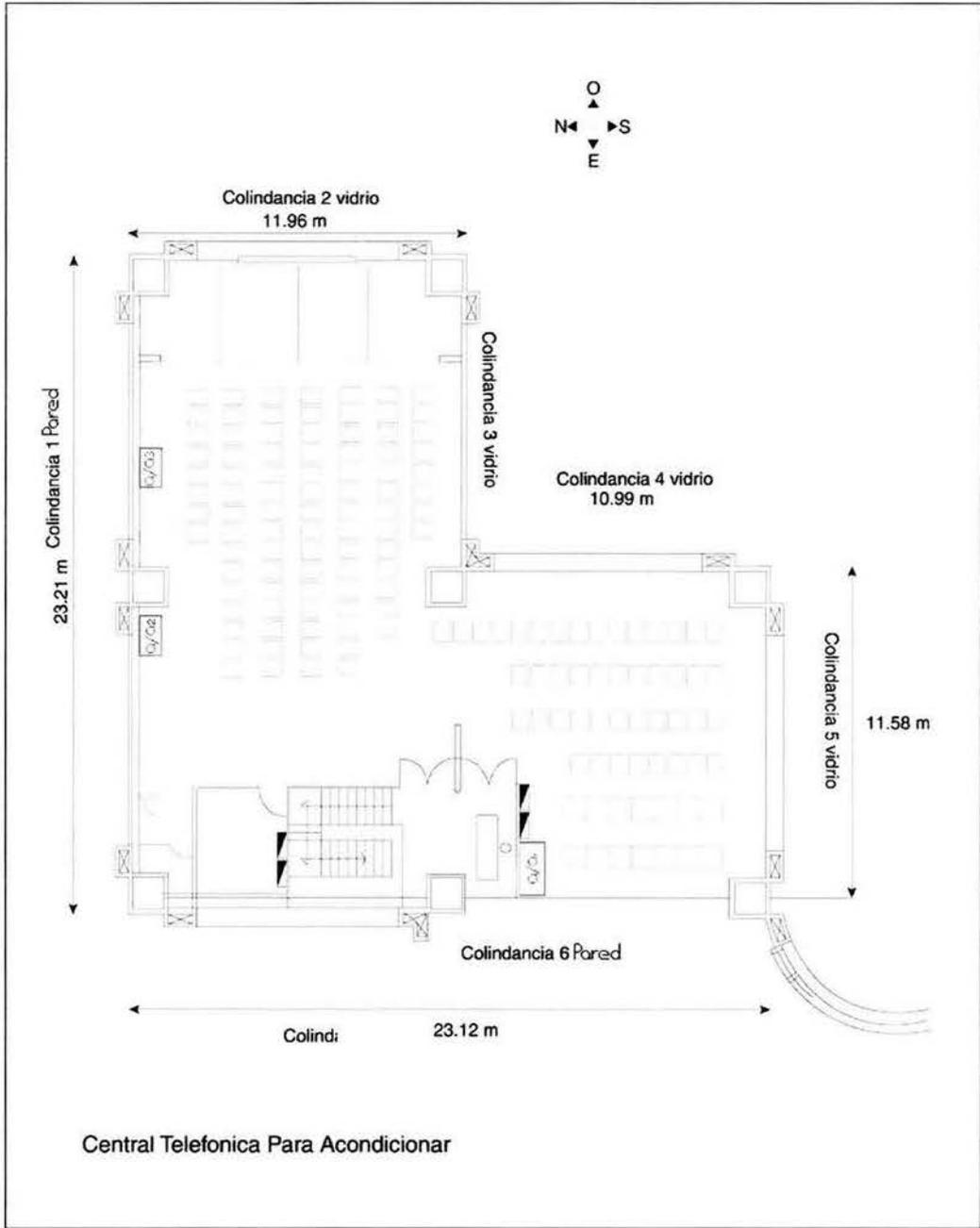
### ***Cálculos Para Determinar la Carga Térmica***

En el presente capítulo se desarrollarán todos los cálculos para la determinación del buen funcionamiento presente y futuro de la Central Telefónica, para lo cual, se tiene que tomar en consideración, la construcción del lugar donde se va a localizar la central telefónica, que en este caso se encuentra en un edificio, en un primer piso, el cual se encuentra formado por techo, piso y dos colindancias por casquete de ladrillo y cuatro paredes más formadas por vidrio o cristal, también se consideran las filtraciones de aire por medio de ventanas y puertas, así como el calor generado por los equipos que forman una parte muy importante de calor generado, ya que éstos trabajan los 365 días las 24 horas, para evitar la filtración de calor se sugiere que el espacio se encuentre aislado térmicamente, utilizando materiales como pinturas epóxicas, espumas de poliuretano, etc. Dadas estas condiciones se proceda a realizar los cálculos necesarios que a continuación se muestran.

#### **3.1 Estudio para la determinación de la carga térmica**

##### **3.1.1 Diseño del área para acondicionar**

En la siguiente figura se muestra la distribución del área a acondicionar, así como los equipos de cada una de las áreas que serán de utilidad para el cálculo de las cargas térmicas.



### 3.1.2 Cálculo de la Carga Térmica para Abatir

**Cálculo del Aire Acondicionado**, de acuerdo con los datos del fabricante, se hizo un cálculo eficiente para abatir la carga térmica con estos equipos. A continuación se presenta la tabla de resultados incluyendo los factores para conocer la capacidad en BTU/HR a disipar.

En la tabla No. 1 se muestran los cálculos en relación a la cantidad y el tipo de equipos que se encuentran dentro de la central telefónica, para poder llevar a cabo estos cálculos se tomaron los datos de placas de los equipos, así como sus marcas y capacidades. Los racks son de la marca Lucent modelo Mounting M210 y los rectificadores, de igual forma son de la marca Lucent Modelo RS0540 y los valores de placa son los que se encuentran en la tabla tanto de corriente, voltaje y potencia, los cuales son necesarios para la realización de los cálculos siguientes:

CALCULO DE CARGAS TERMICAS DE EQUIPO DENTRO DE LA CENTRAL									
CANT	MODELO	VOLTAJE V	CORRIENTE A	FASES	POTENCIA W	CARGA TOTAL W	TEMPERATURA °C	CARGA TERMICA BTH/HR	CARGA TOTAL T.R.
100	Mounting Rack M210	127	4,5	1	571,50	57150	22	195003,86	16,25
15	Rectificadores RS0540	230	10,8	1	2484,00	37260	20	127136,37	10,59
<b>Total de Carga</b>					<b>3055,5</b>	<b>94410</b>		<b>322140,23</b>	<b>26,845</b>

Tabla 1

Cálculo de la potencia utilizando la fórmula

$$P = VI$$

Donde:            P = Potencia [Watts]  
                      V = Voltaje [Volts]  
                      I = Corriente [Amperes]

Por lo tanto:

Para los racks, utilizando la fórmula anterior se tiene un voltaje de 127V y una corriente de 4.5 A por lo que sustituyendo los valores se tiene:

$$P = (127V)*(4.5A)$$
$$P = 571.50 \text{ Watts}$$

Multiplicando la potencia por el total de equipos:

$$P = P * \text{cantidad de equipos}$$
$$P = (571.50)*(100) = 57,150.00 \text{ Watts}$$

para poder obtener cantidad necesaria expresada en BTU/Hr es necesario utilizar el factor de conversión de  $1w = 3.412141 \text{ BTU/Hr}$  por lo tanto:

$$Q = (57150.00)*(3.4121) = 19,5003.86 \text{ BTH/Hr}$$

De igual forma para los rectificadores sustituyendo los valores de voltaje 230 V y corriente de 10.80 A, se tiene:

$$P = (230V)*(10.80A)$$

$$P = 2,484.00 \text{ Watts}$$

Multiplicando la potencia por el total de equipos:

$$P = P * \text{cantidad de equipos}$$

$$P = (2,484.00) * (15) = 37,260.00 \text{ Watts}$$

Y, para poder obtener cantidad necesaria expresada en BTU/Hr es necesario utilizar el factor de conversión de  $1w = 3.412141 \text{ BTU/Hr}$  por lo tanto:

$$Q = (37,260.00) * (3.4121) = 127,136.37 \text{ BTH/Hr}$$

Debido a que el cálculo de los equipos de aire acondicionado se expresa en toneladas, se realiza el cambio de BTU/Hr a toneladas de refrigeración utilizando la siguiente expresión:

$$1 \text{ T.R.} = 12,000 \text{ BTU/Hr}$$

Por lo tanto para calcular las toneladas de refrigeración para los equipos anteriores es:

$$19,5003.86 / 12,000 = 16.25 \text{ T.R.},$$

$$127,136.37 / 12000 = 10.59 \text{ T.R.}$$

**Por lo tanto para abatir la carga térmica generado por los equipos de la central telefónica se necesitan  $16.25+10.59 = 26.84$  toneladas de refrigeración.**

Los siguientes sistemas son por donde se puede tener una transferencia de calor al interior de la central telefónica.

1. Paredes de vidrio.
2. Techo y plafón
3. Piso.

En el caso de las paredes de vidrio se tiene una capa de aire intermedia con el propósito de reducir la transferencia de calor al interior.

La cantidad de calor que se transfiere al interior de la central telefónica se calcula con la siguiente fórmula:

$$q = \frac{A (\Delta T)}{\frac{1}{h_1} + \frac{L_1}{k_1} + \frac{1}{h_2}}$$

donde:

- $q$  = Transferencia de calor promedio en W.  
 $A$  = Área en  $m^2$ .  
 $\Delta T$  = Diferencia de temperatura en K ( $T_1 - T_2$ ).  
 $L_1$  = Grosor de la pared de transmisión.  
 $h_1$  = Coeficiente superficial de transmisión de calor del fluido caliente a la Pared (admisión) en  $W / m^2 * K$ .  
 $h_2$  = Coeficiente superficial de transmisión de calor de la pared al fluido frío (Emisión) en  $W / m^2 * K$ .  
 $k_1$  = Coeficiente de conductividad térmica del vidrio en  $W / m^2 * K$ .

Esta misma fórmula se aplicará para el cálculo de las demás paredes de transmisión de calor, sólo que los factores de admisión, emisión y conducción cambiarán de acuerdo a los materiales de construcción. Los cuales se encuentran en los Anexos No.1 y No.2

En la tabla No. 2 se muestran los cálculos relacionados a la transferencia de calor que existe en las paredes es decir de las colindancias, piso y techo que encierran a la central telefónica.

CALCULO DE CARGAS TERMICAS TRANSFERIDA AL INTERIOR POR COLINDANCIAS											
	SUP. m2	TEMP. EXT °C	TEMP. INT. °C	ESP. m	COF. COND W/(mK)	COEF. ADM. W/(mK)	COEF. EMI. W/(mK)	C. TERMICA W	C.TERMICA BTU/HR	C. TERMICA T.R.	
TECHO	404,85	25	19	0,3	0,41	8,15	8,73	2506,93	8553,90	0,713	
PISO	404,85	20	19	0,3	0,41	8,15	8,73	417,82	1425,64	0,119	
COLINDANCIA 1	69,63	32	19	0,15	0,41	8,15	23,30	1703,18	5811,42	0,484	
COLINDANCIA 2	16,38	32	19	0,09	0,95	8,15	23,30	817,88	2790,69	0,233	
COLINDANCIA 3	16,38	32	19	0,09	0,95	8,15	23,30	817,88	2790,69	0,233	
COLINDANCIA 4	16,38	32	19	0,09	0,95	8,15	23,30	817,88	2790,69	0,233	
COLINDANCIA 5	16,38	32	19	0,09	0,95	8,15	23,30	817,88	2790,69	0,233	
COLINDANCIA 6	69,36	32	19	0,15	0,41	8,15	23,30	1696,57	5788,87	0,482	
<b>Total de Carga</b>								<b>9596,02</b>	<b>32742,68</b>	<b>2,73</b>	

Tabla 2

Los cálculos se realizaron tomando en cuenta como base la temperatura interior de 19 °C a la cual deben de funcionar lo equipos.

**Los cálculos realizados para las colindancias son los siguientes:**

**\* Colindancia No.1:**

Es una pared de ladrillo y se tienen los siguientes valores:

Para los coeficientes de admisión y emisión se utilizaron los factores de 8.15 y 23.3 respectivamente, ya que se tiene aire en movimiento en el exterior, estos valores se tomaron del **Anexo 1**, y el coeficiente de conducción del

material del casquete de ladrillo con un valor de 0.41, se muestra en el **Anexo 2.**

Sustituyendo los valores en la fórmula para el cálculo de la carga térmica se tiene:

$$\begin{aligned} A &= 69.63 \text{ [m}^2\text{]} \\ T_1 &= 305.15 \text{ [K]} \\ T_2 &= 292.15 \text{ [K]} \\ h_1 &= 8.155 \text{ [W/m}^2\text{*K]} \\ k_1 &= 0.41 \text{ [W/m}^2\text{*K]} \\ l &= 0.15 \text{ [m]} \\ h_2 &= 23.305 \text{ [W/m}^2\text{*K]} \end{aligned}$$

$$q = \frac{(69.63) * (305.15 - 292.15)}{\frac{1}{8.155} + \frac{0.15}{0.41} + \frac{1}{23.30}}$$

$$q = 1703.18 \text{ W}$$

$$q = 1703.18 * 3.4121 = 5,811.42 \text{ BTU/HR}$$

$$q = 5,811.42 / 12000 = 0.484 \text{ T.R.}$$

$$\mathbf{q = 0.484 \text{ T.R.}}$$

**\* Colindancia No.2, No.3, No.4 y No.5:**

Se tienen paredes de vidrio por lo que los coeficientes de admisión y emisión se utilizaron los factores de 8.15 y 23.3 respectivamente, ya que se tiene aire en movimiento en el exterior, estos valores se tomaron del **Anexo 1**, y el coeficiente de conducción del material del casquete de ladrillo con un valor de 0.95 se muestra en el **Anexo 2**.

Sustituyendo los valores en la fórmula para el cálculo de la carga térmica se tiene:

$$\begin{aligned} A &= 16.38 \text{ [m}^2\text{]} \\ T_1 &= 305.15 \text{ [K]} \\ T_2 &= 292.15 \text{ [K]} \\ h_1 &= 8.155 \text{ [W/m}^2\text{*K]} \\ l &= 0.09 \text{ [m]} \\ k_1 &= 0.95 \text{ [W/m}^2\text{*K]} \\ h_2 &= 23.305 \text{ [W/m}^2\text{*K]} \end{aligned}$$

Sustituyendo los valores correspondientes en la expresión:

$$q = \frac{(16.38) * (305.15 - 292.15)}{\frac{1}{8.155} + \frac{0.09}{0.95} + \frac{1}{23.30}}$$

$$q = 818.12 \text{ W}$$

$$q = 818.12 * 3.4121 = 2,791.54 \text{ BTU/HR}$$

$$q = 2,791.54 / 12000 = 0.233 \text{ T.R.}$$

$$q = 0.233 \text{ T.R.}$$

**\* Colindancia No.6:**

Se tiene una Pared de casquete de Ladrillo por lo que los valores para los coeficientes de admisión y emisión se utilizaron los factores de 8.15 y 23.3 respectivamente, ya que se tiene aire en movimiento en el exterior, estos valores se tomaron del **Anexo 1**, y el coeficiente de conducción del material del casquete de ladrillo con un valor de 0.41 se muestra en el **Anexo 2**.

Sustituyendo los valores en la fórmula para el cálculo de la carga térmica se tiene:

$$\begin{aligned} A &= 69.36 \text{ [m}^2\text{]} \\ T_1 &= 305.15 \text{ [K]} \\ T_2 &= 292.15 \text{ [K]} \\ h_1 &= 8.155 \text{ [W/m}^2\text{*K]} \\ k_1 &= 0.41 \text{ [W/m}^2\text{*K]} \\ l &= 0.15 \text{ [m]} \\ h_2 &= 23.305 \text{ [W/m}^2\text{*K]} \end{aligned}$$

Sustituyendo los valores correspondientes en la expresión:

$$q = \frac{(69.36) * (305.15 - 292.15)}{\frac{1}{8.155} + \frac{0.15}{0.41} + \frac{1}{23.30}}$$

$$q = 1,696.57 \text{ W}$$

$$q = 1,696.57 * 3.4121 = 5,788.87 \text{ BTU/HR}$$

$$q = 5,788.87 / 12000 = 0.482 \text{ T.R.}$$

$$\mathbf{q = 0.482 \text{ T.R.}}$$

\* **Colindancia del Techo**, los valores correspondientes a los coeficientes de admisión y emisión se utilizaron los factores de 8.15 y 8.73 respectivamente, ya que se tiene aire en movimiento en el exterior, estos valores se tomaron del **Anexo 1**, y el coeficiente de conducción del material del casquete de ladrillo con un valor de 0.41 se muestra en el **Anexo 2**.

Sustituyendo los valores en la fórmula para el cálculo de la carga térmica se tiene:

$$\begin{aligned} A &= 404.85 \text{ [m}^2\text{]} \\ T_1 &= 298.15 \text{ [K]} \\ T_2 &= 292.15 \text{ [K]} \\ h_1 &= 8.155 \text{ [W/m}^2\text{*K]} \\ k_1 &= 0.41 \text{ [W/m}^2\text{*K]} \\ l &= 0.3 \text{ [m]} \\ h_2 &= 8.73 \text{ [W/m}^2\text{*K]} \end{aligned}$$

Sustituyendo los valores correspondientes en la expresión:

$$q = \frac{(404.85) * (298.15 - 292.15)}{\frac{1}{8.155} + \frac{0.3}{0.41} + \frac{1}{8.73}}$$

$$q = 2,506.93 \text{ W}$$

$$q = 2,506.93 * 3.4121 = 8,553.90 \text{ BTU/HR}$$

$$q = 8,553.90 / 12000 = 0.713 \text{ T.R.}$$

$$\mathbf{q = 0.713 \text{ T.R.}}$$

\* **Colindancia del Piso**, los valores correspondientes a los coeficientes de admisión y emisión se utilizaron los factores de 8.15 y 8.73 respectivamente, ya que se tiene aire en movimiento en el exterior, estos valores se tomaron del **Anexo 1**, y el coeficiente de conducción del material del casquete de ladrillo con un valor de 0.41 se muestra en el **Anexo 2**.

Sustituyendo los valores en la fórmula para el cálculo de la carga térmica se tiene:

$$\begin{aligned} A &= 404.85 \text{ [m}^2\text{]} \\ T_1 &= 293.15 \text{ [K]} \\ T_2 &= 292.15 \text{ [K]} \\ h_1 &= 8.155 \text{ [W/m}^2\text{*K]} \\ k_1 &= 0.41 \text{ [W/m}^2\text{*K]} \\ l &= 0.3 \text{ [m]} \\ h_2 &= 8.73 \text{ [W/m}^2\text{*K]} \end{aligned}$$

Sustituyendo los valores correspondientes en la expresión:

$$q = \frac{(404.85) * (293.15 - 292.15)}{\frac{1}{8.155} + \frac{0.3}{0.41} + \frac{1}{8.73}}$$

$$q = 417.82 \text{ W}$$

$$q = 417.82 * 3.4121 = 1,425.64 \text{ BTU/HR}$$

$$q = 1,425.64 / 12000 = 0.119 \text{ T.R.}$$

$$\mathbf{q = 0.119 \text{ T.R.}}$$

Por lo que al hacer la sumatoria del calor total transferido por las colindancias es el siguiente:

$$q_t = 8553.90 + 1425.64 + 5811.42 + 2790.69 * (4) + 5788.87 = 32,742.58 \text{ BTU/HR}$$

$$q_t = 32,742.58 / 12000 = 2.73 \text{ T.R.}$$

$$\mathbf{q_t = 2.73 \text{ T.R.}}$$

Para obtener los datos de la carga térmica generada por las personas que se van a encontrar dentro de la central telefónica y las luminarias se realizaron los siguientes cálculos que se muestran en la Tabla No. 3:

<b>CARGAS TERMICAS ADICIONALES</b>					
<b>ELEMENTO</b>	<b>CARGA TERMICA W</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>TOTAL CARGA TERMICA W</b>	<b>CARGA TOTAL BTU/HR</b>	<b>CARGA TOTAL T.R.</b>
PERSONAS DENTRO	0,45	12	5,40	18,43	
LUMINARIAS	120,00	54	6480,00	22110,41	1,84
<b>Carga Total</b>			<b>6485</b>	<b>22128,83</b>	<b>1,84</b>

Tabla 3

Para realizar estos cálculos únicamente se requirieron los datos de la potencia generada tanto por una persona como por una luminaria, esto es:

$$P = 0.45 * 12 = 5.40 \text{ Watts}$$

$$q = 5.40 * 3.412141 = 18.43 / 12000 = .0015 \text{ T.R.}$$

$$P = 120 * 54 = 6,480.00 \text{ Watts}$$

$$q = 6,480 * 3.412141 = 22,110.67 / 12000 = 1.84$$

$$q = 1.84 + .0015 = 1.8415$$

Retomando todos los cálculos realizados para la central telefónica, se presenta un resumen en la Tabla No. 4 para obtener el total de toneladas que se requieren para mantener las condiciones de temperatura y humedad adecuadas para su correcto funcionamiento y poder otorgar una larga vida a los equipos.

<b>CARGAS TERMICAS TOTALES</b>				
<b>ELEMENTO</b>	<b>CARGA TERMICA W</b>	<b>TOTAL CARGA TERMICA W</b>	<b>CARGA TOTAL BTU/HR</b>	<b>CARGA TOTAL T.R.</b>
CARGAS DE COMPUTO TABLA 1	151,31	94516,50	322499,75	26,87
CARGAS POR TRANS. EXT. TABLA 2	9,596,02	9596,02	32742,58	2,73
PERSONAS DENTRO	0,45	5,40	18,43	0,0015
LUMINARIAS	120,00	6480,00	22110,41	1,84
<b>Carga Total</b>		<b>110598</b>	<b>377371,16</b>	<b>31,45</b>

**Tabla 4**

Por tal razón y observando los resultados mostrados en la Tabla No. 4 se llega a la conclusión de que la cantidad de calor para abatir es de 377,371.16 BTU/Hr lo que significa que se requieren 31.45 toneladas de refrigeración, debido a que no existen equipos con estas capacidades se va a buscar un arreglo para satisfacer las necesidades del cliente, elaborando una propuesta confiable, con redundancia y sobre todo segura.

Por lo tanto, tomando en cuenta que el cliente presenta un crecimiento de 20% anual promedio, el arreglo que se obtiene es redundante de tres equipos con una capacidad de 20 toneladas de refrigeración cada uno, operando al 50% de su capacidad para poder desempeñar un mejor trabajo y con una mayor eficacia, esto dará como resultado un menor desgaste en los equipos y una mayor vida útil de éstos.

De la misma manera, en el momento de presentarse una falla en uno de los equipos o cualquier tipo de contingencia, el sistema se encontrará diseñado para que automáticamente los equipos restantes tomen la carga y continúe la

operación de la central telefónica, de esta manera se continuará refrigerando el área y se tendrá el tiempo necesario para solucionar la falla.

Con este tipo de arreglo se cubre una de las principales necesidades del cliente de una operación segura y continua, las 24 horas del día por los 365 días del año.

Se recomienda que los equipos no trabajen al 100 % de su capacidad, ya que no se podría solventar alguna contingencia, ni tampoco se tendría un margen adecuado para cuando se requiera realizar un mantenimiento en los equipos, por tal razón se recomienda la redundancia de los tres equipos, para que puedan operar a una capacidad del 50%.

El volumen total que es capaz de inyectar el equipo es de 8,400 CFM por lo cual si las unidades, trabajaran al mismo tiempo, tendrán un total de 25,200 CFM, por lo que se cumple con el requerimiento de ser confortable para el personal y adecuado para la operación de los equipos.

A continuación se muestran las tablas de los coeficientes utilizados para los cálculos anteriores.

	Superficie	Sentido Flujo	Coficiente Admisión h1	Coficiente Emisión h2
AIRE EN REPOSO	Pared lisa o Ventana	Ambos	8,155	8,155
	Pared lisa o Ventana a 45°	Ambos	8,7375	8,7375
	Horizontal	Arriba	8,155	8,155
Abajo		5,825	5,825	
AIRE EN MOVIMIENTO 10- 12 km / h	Pared Exterior	Ambos	8,155	23,3
	Horizontal	Arriba		
		Abajo	5,825	
Terreno	Suelo	Abajo	5,825	16,31

**Anexo No.1 Coeficientes de transmisión convección.**

Material	Densidad Aparente kg/m <sup>3</sup>	Conductividad Térmica W / ( m <sup>2</sup> K)
<b><u>ROCAS Y SUELOS NATURALES</u></b>		
<b>Rocas y terrenos</b>		
Rocas compactas	2500 a 3000	3,5
Rocas porosas	1700 a 2500	2,33
Arena con humedad natural	1700	1,4
Suelo coherente humedad natural	1800	2,1
Arcilla	2100	0,93
<b>Materiales suelos de relleno desecados al aire, en forjados, etc.</b>		
Arena	1500	0,58
Grava rodada o en machaqueo	1700	0,81
Escoria de carbón	1200	0,19
Cascote de ladrillo	1300	0,41
<b><u>PASTAS, MORTEROS Y HORMIGONES</u></b>		
<b>Revestimientos continuos</b>		
Mortero de cal y bastardos	1600	0,87
Mortero de cemento	2000	1,4
Enlucido de yeso	800	0,3
Enlucido de yeso con perlita	570	0,18
<b>Hormigones normales y ligeros</b>		
Hormigón armado (normal)	2400	1,63
Hormigón con áridos ligeros	600	0,17
Hormigón con áridos ligeros	1000	0,33
Hormigón con áridos ligeros	1400	0,55
Hormigón celular con áridos silíceos	600	0,34
Hormigón celular con áridos silíceos	1000	0,67
Hormigón celular con áridos silíceos	1400	1,09
Hormigón celular sin áridos	305	0,09
Hormigón en masa con grava normal		
- con áridos ligeros	1600	0,73
- con áridos ordinarios, sin vibrar	2000	1,16
- con áridos ordinarios, vibrado	2400	1,63
Hormigón en masa con arcilla expandida	500	0,12
Hormigón en masa con arcilla expandida	1500	0,55
<b>Fábrica de bloques de hormigón incluidas juntas ( 1 )</b>		
Con ladrillos silicalcáreos macizo	1600	0,79
Con ladrillos silicocalcáreos perforado	2500	0,56
Con bloques huecos de hormigón	1000	0,44
Con bloques huecos de hormigón	1200	0,49
Con bloques huecos de hormigón	1400	0,56

## Anexo 2. Coeficientes de transmisión conducción

Material	Densidad Aparente kg/m <sup>3</sup>	Conductividad Térmica W / ( m <sup>2</sup> K)
Con bloques hormigón celular curado vapor	600	0,35
Con bloques hormigón celular curado vapor	800	0,41
Con bloques hormigón celular curado vapor	1000	0,47
Con bloques hormigón celular curado aire	800	0,44
Con bloques hormigón celular curado aire	1000	0,56
Con bloques hormigón celular curado aire	1200	0,7
<b>Placas o paneles</b>		
Cartón-yeso	900	0,18
Hormigón con fibra de madera	450	0,08
Placas de escayola	800	0,3
<b><u>LADRILLOS Y PLAQUETAS</u></b>		
Fábrica de ladrillo macizo	1800	0,87
Fábrica de ladrillo perforado	1600	0,76
Fábrica de ladrillo hueco	1200	0,49
Plaquetas	2000	1,05
<b><u>VIDRIO</u></b>		
Vidrio plano para acristalar	2500	0,95
<b><u>METALES</u></b>		
Fundición y acero	7850	58
Cobre	8900	384
Bronce	8500	64
Aluminio	2700	204
<b><u>MADERA</u></b>		
Maderas frondosas	800	0,21
Maderas de coníferas	600	0,14
Contrachapado	600	0,14
Tablero aglomerado de partículas	650	0,08
<b><u>PLASTICOS Y REVESTIMIENTOS DE SUELOS</u></b>		
Linóleo	1200	0,19
Moquetas, alfombras	1000	0,05
<b><u>MATERIALES BITUMINOSOS</u></b>		
Asfalto	2100	0,7
Betún	1050	0,17
Láminas bituminosas	1100	0,19

**Anexo 2. Coeficientes de transmisión conducción- continuación**

Material	Densidad Aparente kg/m <sup>3</sup>	Conductividad Térmica W / ( m <sup>2</sup> K)
<b><u>MATERIALES AISLANTES TERMICOS</u></b>		
Arcilla expandida	300	0,85
Arcilla expandida	450	0,114
Aglomerado de corcho UNE 5,690	110	0,039
Espuma elastomérica	60	0,034
Fibra de Vidrio		
- Tipo I	10 a 18	0,44
- Tipo II	19 a 30	0,037
- Tipo III	31 a 45	0,034
- Tipo IV	46 a 65	0,033
- Tipo V	66 a 90	0,033
- Tipo VI	91	0,036
Lana mineral		
- Tipo I	30 a 50	0,042
- Tipo II	51 a 70	0,04
- Tipo III	71 a 90	0,038
- Tipo IV	91 a 120	0,038
- Tipo V	121 a 150	0,038
Perlita expandida	130	0,047
Poliestireno expandido UNE 53 310		
- Tipo I	10	0,057
- Tipo II	12	0,044
- Tipo III	15	0,037
- Tipo IV	20	0,034
- Tipo V	25	0,033
Poliestireno extrusionado	33	0,033
Poliestireno reticulado	30	0,038
Polisocianurato, espuma de	35	0,026
Poliuretano conformado, espuma de		
- Tipo I	32	0,023
- Tipo II	35	0,023
- Tipo III	40	0,023
- Tipo IV	80	0,04
Poliuretano aplicado in situ, espuma de		
- Tipo I	35	0,023
- Tipo II	40	0,023
Urea formol, espuma de	10 a 12	0,034
Urea formol, espuma de	12 a 14	0,035
Vermiculita expandida	120	0,035
Vidrio celular	160	0,044

( 1 ) Las dimensiones se refieren al bloque, no a la fábrica

## **Anexo 2. Coeficientes de transmisión conducción- continuación**

## ***CAPITULO 4***

### ***Desarrollo del Proyecto***

En el presente capítulo, se mencionarán los requerimientos necesarios para la operación de la central telefónica en cuanto al diseño de climatización, así como una evaluación económica y costos de la propuesta.

### **Desarrollo del Proyecto**

#### **4.1 Requerimientos de consumo Eléctrico, Hidráulico.**

Para poder hacer una buena instalación de los equipos, se necesita conocer los requerimientos eléctricos, hidráulicos y estructurales que a continuación se mencionan:

Se instalarán unidades de aire acondicionado de precisión de 20 toneladas de capacidad, las cuales quedarán ubicadas dentro de la central en sitios estratégicos, para su mejor funcionamiento. Las evaporadoras quedarán sobre unas bases ajustables con deflector de lámina cada uno para direccionar e incrementar la velocidad del aire y de esta manera forzarlo a viajar en una cámara plena inferior, lo cual va a garantizar un flujo de aire uniforme.

Las unidades condensadoras se colocaran en una terraza exterior adjunta al inmueble, de esta manera, la distancia de interconexión entre la condensadora y la manejadora para el sistema de enfriamiento será de 45 metros.

En lo que se refiere al sistema eléctrico las unidades tanto interior como exterior serán conectadas a un tablero de distribución, el cual cuenta con 6 interruptores termomagnéticos de 3 x 200 y una capacidad de consumo de 600 amp. Se cuenta también con una canalización de charola de 12" la cual corre desde el tablero de distribución hasta la central, misma que servirá para la distribución de las futuras alimentaciones.

El sistema de suministro de agua al humidificador, será tomado de una tubería situada en la azotea del edificio.

- El sistema de drenaje se sugiere de 1" de tubo de cobre para garantizar la instalación y funcionamiento de los equipos y evitar cualquier falla de escurrimiento de agua, así como trabajar con bombas de condensados.
- Para las líneas de gas saliente se necesitarán tuberías de 7/8
- Para las línea de líquido se necesita tubería de 5/8

La central telefónica contará con una refrigeración de 60 toneladas, y para su óptimo funcionamiento se realizó un estudio de temperaturas y humedad definiendo sus óptimos parámetros como sigue:

Temperaturas: entre 18°C y 20°C

Humedad del 35%

Para el sistema eléctrico antes se necesitarán interruptores de 150 amperes para la condensadora

- Interruptor de 20 amperes para la evaporadora
- Se consideran 132.6 Amperes para el calibre del conductor el cual es de cobre, y de tres hilos calibre 2 considerando la distancia máxima entre el evaporador y el centro de carga.
- también se utilizará cable de calibre 14 de 2 hilos para condensadora y evaporadora.

Se determinó utilizar el equipo de aire acondicionado de precisión Marca Liebert de 20 toneladas de refrigeración con la descarga por la parte inferior hacia una cámara plena, su instalación y funcionamiento se describe a continuación en la figura No.45:

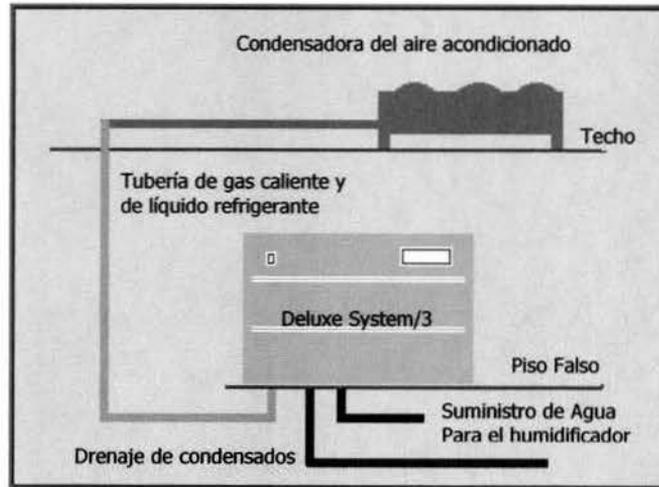


Figura No.45

#### 4.2 Requerimientos Estructurales del Área

El área a acondicionar debe de estar totalmente aislada, se requiere una barrera de vapor en la construcción de las paredes para prevenir la migración de la humedad, se deben de mantener las puertas cerradas, sellar todas las tuberías y los cableados se terminan por la parte de afuera del cuarto.

Las coberturas de plástico y las pinturas epóxicas nos ayudan a mantener fuera la humedad en las paredes, como se muestra en la figura No. 46 y No.47.

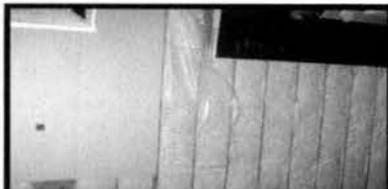


Figura No.46



Figura No.47

También dentro de los requisitos se tiene la distribución del cableado por la cámara plena, como se muestra en la siguiente fotografía de la figura No.48



Figura No.48

### **4.3 Requerimientos de localización**

Para asegurar un adecuado suministro de aire, se recomienda que el condensador esté localizado en un área de aire limpio, alejado de polvo y materia ajena que pudiera tapar las bobinas. En conclusión, los condensadores no deben estar localizados junto a vapores, aire caliente o salida de gases nocivos, también deberán estar localizadas no más cerca de 3 pies de una pared, de alguna obstrucción o unidades adyacentes, se debe de respetar el no tener ninguna obstrucción sobre la unidad para su correcto funcionamiento.

La unidad debe instalarse a un nivel que asegure el apropiado flujo de refrigerante y agua.

La unidad condensadora deberá estar localizada para una máxima seguridad y manejabilidad y poder darle un mantenimiento adecuado, evitando lo siguiente:

- Sitios de niveles altos con acceso público
- Áreas las cuales contribuyan a acumular nieve o hielo.

Los ventiladores tienen acero con una capa de zinc o aspas de aluminio. Esta asegurado a la flecha por un medio apropiado con tornillos. El diámetro del ventilador es de 30" ó menos. Está balanceado de fábrica y probado antes del embarque.

Las condensadoras propuestas son de diseño modular con componentes estándar y ensambles atornillados perfectamente sellados. Se ensambla totalmente en fábrica con componentes y accesorios.

Todas las unidades son probadas en fábrica para poder entregarse y están hechas con componentes de último diseño.

El aislamiento térmico empleado en las unidades cumple con el NFPA-90A y tiene un coeficiente de propagación de flama menor a 25 y un coeficiente de liberación de humo menor a 50. Estos equipos están certificados de acuerdo a las normas U.L. y A.R.I. y las plantas de fabricación están certificadas ISO-9000.

## **Dimensiones**

Condensadora con 2 ventiladores 2 133.6 (84) X 1 097 (43 3/16) X 1 095 (37 1/8) mm (pulg.)

El requerimiento mínimo de instalación es una ventana de 1 m alrededor del equipo por cada lado, y por el frente.

### **4.4 Evaluación Económica**

Se dice que un equipo de aire acondicionado de precisión, es una solución a corto plazo muy viable, ya que su costo quedará cubierto en el ahorro del consumo de energía, y en la operación del sistema, por lo tanto la relación costo-beneficio es satisfactoria ya que no se le invierte al equipo en mantenimientos caros y repetitivos, únicamente requiere de 4 mantenimientos preventivos al año.

La inversión para realizar esta propuesta es la siguiente:

Se requieren tres equipos de aire acondicionado de precisión marca Liebert modelo Deluxe System /3 con una capacidad de: 20 toneladas de refrigeración Modelos DH245A-CAEI los cuales son equipos de expansión directa con la descarga por la parte inferior, con un microprocesador

avanzado, en un display de 4\*20 y una Condensadora Modelo CDF308LY.

Para la instalación de los equipos, es necesario describir sus requerimientos básicos como son los de localización, en este caso se definen como sigue: se requieren (34") 864mm de claro del lado izquierdo, derecho y de frente del equipo para poder dar servicio a los equipos.

El espacio mínimo requerido para poder realizar la instalación de los equipos, así como las rutinas de mantenimiento son los siguientes: (18") 47.5 cm del lado izquierdo del equipo, al igual que para el lado derecho del equipo, y por la parte frontal, se requiere de un espacio aproximado a los (24") 61 cm; este espacio es necesario para realizar los cambios de filtros, el ajuste de los ventiladores y limpieza del humidificador.

Las evaporadoras se van a localizar dentro del cuarto de equipos de la central telefónica, mientras tanto las condensadoras se localizarán en la parte exterior en la terraza adjunta.

La distancia de interconexión entre las evaporadoras y las condensadoras es de 45 metros, distancia que se toma de referencia para la compra de materiales necesarios para su correcta instalación y operación, a continuación se describen en la Tabla No.5, en ésta se incluyen todos los rubros necesarios para su instalación, desde la colocación de los equipos, como los técnicos necesarios para la instalación y operación de los equipos.

**REQUERIMIENTO DE MATERIAL PARA LA INSTALACION DE LOS EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO  
DE PRECISION MARCA LIEBERT MODELO DELUXE SYSTEM/3 CON UNA CAPACIDAD DE 20 TONELADAS  
A UNA DISTANCIA DE 45 METROS.**

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO U.	COSTO T.
1	Tubería de cobre tipo "M" de 2" para línea de succión.	Tramo	8,0	\$950,0	\$7.600,0
2	Tubería de cobre tipo "M" de 2" para línea de retorno.	Tramo	8,0	\$950,0	\$7.600,0
3	Válvula de paso para agua tipo bola de 2" en línea de Sum.	Pza.	2,0	\$700,0	\$1.400,0
4	Válvula de paso para agua tipo bola de 2" en línea de Ret.	Pza.	2,0	\$700,0	\$1.400,0
5	Codos de cobre de 2" X 90° en línea de Sum.	Pza.	20,0	\$116,1	\$2.323,0
6	Codos de cobre de 2" X 90° en línea de Ret.	Pza.	20,0	\$116,1	\$2.323,0
7	Coples de cobre de 2" en línea de Sum.	Pza.	10,0	\$55,2	\$552,0
8	Coples de cobre de 2"	Pza.	10,0	\$55,2	\$552,0
9	Soldadura de fosco plana	Kg.	3,0	\$360,0	\$1.080,0
10	Gas nitrógeno.	Cilindro	2,0	\$540,0	\$1.080,0
11	Carga de Oxiacetileno.	Cilindro	3,0	\$840,0	\$2.520,0
12	Conector cobre cuerda exterior de 2"	Pza.	10,0	\$173,1	\$1.731,5
13	Conector cobre cuerda exterior de 1 1/2"	Pza.	2,0	\$60,7	\$121,4
14	Conector cobre cuerda exterior de 1 1/4"	Pza.	2,0	\$55,1	\$110,2
15	Válvula chekc.	Pza.	0,0	\$815,6	\$0,0
16	Tuerca union de 2".	Pza.	2,0	\$431,9	\$863,8
17	Válvulas eliminadoras de aire.	Pza.	1,0	\$2.803,7	\$2.803,7
18	Tees de cobre de 2"	Pza.	6,0	\$138,4	\$830,6
19	Reducción campana de 2" a 1 1/2".	Pza.	2,0	\$90,6	\$181,2
20	Reducción campana de 2" a 1 1/4".	Pza.	2,0	\$98,4	\$196,8
21	Reducción campana de 2" a 1".	Pza.	6,0	\$102,9	\$617,7
22	Materiales de insumo menor.	Lote	1,00	\$2.400,0	\$2.400,0
<b>COSTO POR MATERIALES PARA SISTEMA DE ENFRIAMIENTO:</b>					<b>\$38.286,6</b>

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO U.	COSTO T.
15	Tubería de cobre tipo "M" de 1/2"	Tramo	5,0	\$170,4	\$852,2
16	Válvula de paso 1/2" tipo bola.	Tramo	1,0	\$72,0	\$72,0
17	Codos de cobre de 1/2" X 90°	Pza.	20,0	\$3,6	\$72,0
18	Coples de cobre de 1/2"	Pza.	10,0	\$2,4	\$24,0
19	Tanque de expansión de 250 lts.	Pza.	0,0	\$2.000,0	\$0,0
20	Tubería de cobre 3/4"	Tramo	5,0	\$192,0	\$960,0
21	Codos de cobre 3/4" X 90°	Pza.	20,0	\$18,0	\$360,0
22	Coples de cobre 3/4"	Pza.	10,0	\$15,6	\$156,0
23	Válvula de paso 3/4" tipo bola.	Pza.	1,0	\$96,0	\$96,0
24	Materiales de insumo menor. (Tees, Conectores Red. Etc.)	Lote	1,00	\$1.440,0	\$1.440,0
<b>COSTO POR MATERIALES PARA SISTEMA HIDRAULICO Y DRENE DE AGUA. :</b>					<b>\$4.032,2</b>

No.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO U.	COSTO T.
25	Tubería PGG de 2"	Tramo	15,0	\$180,0	\$2.700,0
26	Condulet LB, LR, OC, TEE. 2"	Pza.	10,0	\$185,0	\$1.850,0
27	Tubo licuatit de 2"	Mts.	6,0	\$46,0	\$276,0
28	Conector recto para licuatite de 2"	Pza.	4,0	\$60,0	\$240,0
29	Cable condumex 2/0	Mts.	200,0	\$55,4	\$11.072,0
30	Cable condumex 2	Mts.	100,0	\$19,2	\$1.920,0
31	Tubería PGG de 1"	Tramo	15,0	\$66,0	\$990,0
32	Condulet LB, LR, OC, TEE. 1"	Pza.	10,0	\$96,0	\$960,0
33	Tubo licuatit de 1"	Mts.	6,0	\$19,2	\$115,2
34	Conector recto para licuatite de 1"	Pza.	25,0	\$24,0	\$600,0
35	Cable condumex calibre 8	Mts.	250,0	\$6,0	\$1.500,0
36	Tubería PGG de 1/2"	Tramo	15,0	\$30,0	\$450,0
37	Condulet LB, LR, OC, TEE. 1/2"	Pza.	10,0	\$55,0	\$550,0
38	Tubo licuatit de 1/2"	Mts.	6,0	\$12,0	\$72,0
39	Conector recto para licuatite de 1/2"	Pza.	4,0	\$20,0	\$80,0
40	Cable condumex calibre 14	Mts.	100,0	\$2,4	\$240,0
41	Interruptor termomagnético 3 X 175 A.	Pza.	1,0	\$6.000,0	\$6.000,0
42	interrupor termomagnético 3 X 40 A.	Pza.	1,0	\$2.040,0	\$2.040,0
43	Materiales de insumo menor.	Lote	1,00	\$983,9	\$983,9
<b>COSTO POR MATERIALES PARA SISTEMA ELECTRICO A 45 MTS:</b>					<b>\$32.639,1</b>
<b>COSTO TOTAL POR MATERIALES PARA INSTALACION: \$ 74,958,00</b>					
<b>COSTO TOTAL POR MANO DE OBRA PARA INSTALACION, 4 TECNICOS 5 DIAS: \$24,000,00</b>					
<b>COSTO POR LOS TRABAJOS DE UN EQUIPO DE AIRE \$ 98,958,00</b>					
<b>COSTO POR LOS TRABAJOS REALIZADOS POR LAS TRES UNIDADES \$296,850,00</b>					

Haciendo la recopilación y resumen de todo lo anterior descrito, se tiene:

## INSTALACION DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO DE

### PRECISION

#### EN LA CENTRAL TELEFÓNICA UBICADA EN LA CIUDAD DE MEXICO

	<b>Cant</b>	<b>Descripción</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
1	3	Suministro de tres equipos de aire acondicionado de precisión Marca Liebert con una capacidad de 20 T.R. del Modelo Deluxe System /3 Modelo DH245A-CAEI junto con sus respectivas condensadoras modelo CDF308LY	<b>\$ 284,250.00</b>	<b>\$852,750.00</b>
2	3	Suministro de materiales para la instalación electromecánica de tres unidades de acondicionamiento de aire de la serie DELUXE, a una distancia de 45 metros los trabajos contemplan mano de obra suministro de todo lo necesario para la correcta operación de las unidades.	<b>\$ 98,958.00</b>	<b>\$ 296,850.00</b>
3	3	Maniobras y transportación de unidades así como colocación de las mismas en sitio final de instalación se considera grúa.	<b>\$ 13,000.00</b>	<b>\$ 39,000.00</b>
4	1	Suministro de materiales para conformar un alimentador general desde un tablero general, hasta el centro de cómputo con una trayectoria de 45 metros. Se tenderá canalización de charola de 12" la cual será cableada con conductor condumex thw de 4/0, la interconexión final se hará a un tablero tipo ILINE mismo que se contempla. Este último será el tablero de distribución de los aires. Los interruptores de igual manera están considerados.	<b>\$ 105,000.00</b>	<b>\$ 105,000.00</b>
			<b>Sub-Total</b>	<b>\$1'293,600.00</b>
			<b>I.V.A 15 %</b>	<b>\$194,040.00</b>
			<b>Total</b>	<b>\$ 1'487,640.00</b>

Todas las cifras anteriores se encuentran expresadas en moneda nacional.

Por lo que se puede observar la parte de equipos de aire acondicionado de un proyecto integral de una central telefónica representa una mínima parte de la inversión, ya que en éstas siempre está involucrada la construcción de un área adecuada, los equipos como racks, rectificadores, servidores, equipo de

cómputo necesario para las terminales de operación, sistemas de energía ininterrumpible, plantas de emergencia, etc., además de contemplar la instalación y puesta en marcha de todos estos equipos, y considerando los requerimientos básicos de funcionamiento de todo lo anterior descrito, el sistema de refrigeración dará un mejor servicio de rendimiento en los equipos así como su vida útil será la adecuada ya que los equipos no se encontrarán sometidos a cambios bruscos de temperatura y sobrecalentamientos, así como paros inesperados ya que cualquier tipo de falla se encuentra respaldada en el arreglo redundante de los equipos de Aire Acondicionado de precisión.

## **C O N C L U S I O N E S**

Con la realización de este trabajo, se puede dar una noción de las necesidades básicas para poder realizar el acondicionamiento de una área crítica y fundamental para la operación de cualquier empresa, ya que en estos espacios, son conocidos como espacios críticos debido a la información que manejan y el equipamiento tan caro que requieren para su correcto funcionamiento, el cual representa parte de la inversión más importante por parte de los clientes.

Por lo tanto para hacer una correcta evaluación de las necesidades, se consideran los principales elementos de transmisión de calor, es decir, paredes, equipos, personas, se debe de tomar en cuenta todo lo que va ocupar ese espacio y pueda ser una fuente de calor, así como la manera y los cálculos necesarios para abatirlo de la forma más segura y eficiente.

Se propone la utilización del equipo de aire acondicionado de precisión de la Marca Liebert, ya que cuenta con las mejores características tanto tecnológicas como de confiabilidad que se encuentra en el mercado. El respaldo de servicio y mantenimiento de igual forma es confiable, ya que se ofrece un servicio por las 24 horas del día los 365 días del año, lo cual representa uno de los puntos básicos para la selección, ya que la operación de la central debe de ser continua y sin interrupciones para brindar un mejor servicio a los usuarios de la telefonía celular.

Por tal razón se propuso un arreglo redundante de los equipos de aire acondicionado para poder solventar cualquier tipo de contingencia que se pudiera presentar en la operación de la central telefónica. Ya que de no proponer este tipo de arreglo, y operar con la carga necesaria de 31.45 toneladas de refrigeración con dos equipos de 20 toneladas, al presentar uno de los equipos una falla no se podría soportar la carga con un equipo

solamente, lo cual ocasionaría mayores problemas como paros de equipos por sobrecalentamiento, lo cual reflejado en números representaría grandes pérdidas económicas para la empresa.

Se puede observar que no es lo mismo hacer una climatización para un área donde se requieren equipos de aire acondicionado de confort que para una área donde se requieren equipos de aire acondicionado de precisión.

Se consideran todos los parámetros necesarios para el cálculo adecuado de la carga térmica tanto del área que representa la central telefónica, como del ambiente que la rodea, ya que toda la filtración de carga térmica de cualquier tipo debe de ser considerada para el correcto funcionamiento de todos los equipos que la conforman.

El aire acondicionado es uno de los elementos que en la actualidad tiene mucha importancia en todos los ámbitos, por lo que la refrigeración día a día toma gran importancia en la industria y mercados. Su utilización es sencilla a través de los equipos diseñados específicamente para este fin.

También es necesario tomar en cuenta que los problemas ecológicos son de gran importancia, por lo cual las empresas distribuidoras de equipos de aire acondicionado, también se encuentran interesadas en proteger el ambiente, por tal motivo, han introducido nuevos refrigerantes ecológicos, los cuales cumplen con los requerimientos de operación para los equipos y también con los requerimientos para proteger al ambiente, sin dañar la capa de ozono la cual es vital para nuestra existencia.

Con el funcionamiento de éstos, en las áreas críticas, se puede observar que las operaciones se vuelven seguras y eficientes y sobre todo continuas que es el requerimiento fundamental de las empresas en la actualidad en el mercado de las telecomunicaciones.

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

1. Manual de Refrigeración y Aire Acondicionado  
Air-Conditioning And Refrigeration Institute  
Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A.  
1987-México
2. Principios de Refrigeración  
Roy J. Dossat  
Editorial CECSA  
1980
3. Termodinámica  
Wark  
Mc. Graw Hill  
Quinta edición 1996
4. Fundamentos de Aire Acondicionado y Refrigeración  
Hernández Goribar  
Editorial Limusa  
Decimotercera reimpresión
5. Fundamentos de Termodinámica  
Gordon j. Van Wylen y Richard E. Sonntag  
Editorial LIMUSA  
Decimoquinta reimpresión, 1990
6. Páginas de internet  
[www.liebert.com](http://www.liebert.com)  
[www.igsa.com.mx](http://www.igsa.com.mx)  
[www.Dupont.com](http://www.Dupont.com)