



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: CLIMATIZACIÓN DEL LABORATORIO DE AUTOTRÓNICA  
DEL TALLER DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO  
AUTOMOTRIZ DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.**

Trabajo de Grado previo a la obtención del título de Ingeniero en  
Mantenimiento Automotriz.

**AUTOR: ESTÉVEZ HINOJOSA EDWIN MAURICIO**

**DIRECTOR: ING. CARLOS MAFLA, MSC.**

IBARRA, 2015

## ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de Director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Educación Ciencia y Tecnología.

### CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es "CLIMATIZACION DEL LABORATORIO DE AUTOTRONICA DEL TALLER DE INGENIERIA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE" presentado por el señor: Estévez Hinojosa Edwin Mauricio con número de cédula 1003124094, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, Julio del 2015.



Atentamente

Ing. Carlos ~~Mafía~~ Mafía, Msc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y por permitirme llegar hasta este momento tan importante en mi vida profesional. A mi madre y mi padre por ser siempre el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. A mis hermanos David y Jefferson compañeros de vida q les amo que siempre han estado apoyándome en las buenas y las malas. A mi amigo y compañero Felipe Silva porque sin el equipo que formamos, no hubiéramos logrado esta meta.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la “Universidad Técnica Del Norte”, por haberme abierto las puertas para formarme como profesional.

A Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de mi vida.

A mi madre y mi padre que con su demostración ejemplar que me han enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre preservar a través de sus sabios consejos.

A mis hermanos David y Jefferson, por acompañarme durante todo arduo camino y compartir alegrías y fracasos.

Al Msc. Carlos Mafla, Director de tesis, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma.

Al Msc. Ignacio Benavides por toda la colaboración brindada, durante la elaboración de este proyecto.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
CAPÍTULO I .....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Planteamiento del problema .....	2
1.3. Formulación del problema .....	3
1.4. Delimitación .....	3
1.4.1. Delimitación temporal .....	3
1.4.2. Delimitación espacial .....	3
1.5. Objetivos .....	4
1.5.1. Objetivo general .....	4
1.5.2. Objetivos específicos .....	4
1.6. Justificación .....	4
CAPÍTULO II .....	6
2. MARCO TEÓRICO .....	6
2.1. Breve reseña histórica .....	6
2.2. Aire acondicionado y climatización .....	7
2.2.1. Aire acondicionado .....	8
2.2.2. Climatización .....	9
2.3. Refrigeración .....	13
2.3.1. Proceso de refrigeración .....	13
2.3.2. Parámetros de diseño .....	14

2.3.3.	Sistemas de refrigeración.....	15
2.3.4.	Tipos de refrigeración .....	16
2.4.	Unidades de medida .....	21
2.5.	Evaluación de los equipos de acondicionamiento de aire.....	22
2.6.	Funcionamiento de los sistemas de refrigeración.....	22
2.7.	Clasificación de los equipamientos .....	25
2.7.1	Expansión Directa .....	25
2.7.2.	Expansión Indirecta.....	26
2.8.	Funciones que deben cumplir los equipos de sistemas de aire controlado .....	26
2.8.1.	Ventilación .....	27
2.8.2.	Filtrado.....	27
2.8.3.	Enfriamiento y deshumectación .....	28
2.8.4.	Calentamiento.....	28
2.8.5.	Humectación .....	28
2.8.6.	Circulación .....	29
2.8.7.	Consumo energético .....	29
2.8.8.	Control Automático.....	30
2.9.	Refrigerantes .....	30
2.9.1.	Características de los refrigerantes.....	32
2.9.2.	Tipos.....	33
2.9.3.	Refrigerantes comúnmente usados.....	35
2.9.4.	Nomenclatura de los refrigerantes .....	35
2.10.	Generalidades de los fluidos refrigerantes .....	36
2.10.1.	Propiedades físicas.....	37
2.10.2.	Propiedades químicas.....	45
2.10.3.	Propiedades fisiológicas.....	50

2.11.	Equilibrio de funcionamiento .....	58
2.11.1.	Garantía de rendimiento.....	59
2.12.	El laboratorio, reglas y normas.....	63
2.12.1.	Organización General .....	63
2.12.2.	Dos normas básicas.....	64
2.13.	Instalaciones en los laboratorios .....	65
2.13.1.	Instalaciones de gases.....	65
2.13.2.	Instalación eléctrica.....	66
2.13.3.	Instalaciones de aire comprimido .....	66
2.14.	El confort ambiental .....	68
2.14.1.	Criterios de medida de confort .....	68
2.14.2.	Temperatura y humedad.....	69
2.14.3.	Ventilación higiénica .....	69
2.14.4.	Velocidad del aire.....	70
2.15.	Glosario de términos .....	71
CAPÍTULO III .....		73
3.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	73
3.1.	Tipo de investigación .....	73
3.2.	Métodos de la investigación .....	74
3.3.	Técnicas e instrumentos .....	74
3.3.1.	Técnicas .....	74
3.3.2.	Instrumentos .....	75
CAPÍTULO IV.....		76
4.	PROPUESTA.....	76
4.1.	Título.....	76
4.2.	Justificación técnica .....	76
4.3.	Desarrollo de la propuesta .....	77
4.3.1.	Fluidos frigorígenos.....	77

4.3.2.	Análisis de las modificaciones de ciclos para mejorar sus rendimientos .	78
4.3.3.	Esquema elemental .....	81
4.3.4.	Rendimientos técnicos .....	82
4.3.5.	Problemas prácticos.....	84
4.3.6.	Problemas asociados a la seguridad.....	85
4.3.7.	Cálculo de cargas térmicas .....	86
4.3.8.	Variación de las condiciones de trabajo por ambiente.....	107
4.3.9.	Los métodos instrumentales de evaluación.....	109
4.3.10.	El ambiente en relación a la constitución corporal.....	110
4.3.11.	Normas para las condiciones de trabajo por temperatura y humedad ...	112
4.3.12.	Consideración del clima .....	115
4.3.13.	Introducción analítica de campo previa al desarrollo práctico.....	116
4.3.14.	Cálculo de rendimiento de los aires acondicionados de acuerdo a las variables anteriores .....	118
CAPITULO V.....		135
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	135
5.1.	Conclusiones .....	135
Bibliografía .....		137
ANEXOS.....		141

## Índice de Figuras

Figura 1: Willis Carrier.....	6
Figura 2: Aire acondicionado.....	8
Figura 3: Climatizador. ....	10
Figura 4: Relación entre refrigeración y climatización. ....	12
Figura 5: Refrigeración por compresión. ....	17
Figura 6: Válvula de expansión termostática. ....	18
Figura 7: Estanque de recirculado de Amoniaco. ....	20
Figura 8: Esquema de flujo .....	24
Figura 9: Refrigerante (R22). ....	31
Figura 10. Esquema de un estudio de equilibrio de un grupo completo. ....	62
Figura 11. Diagrama (S,T) de un ciclo en etapas. ....	81
Figura 12. Ciclo elemental de una máquina de absorción. Ecuación Básica. ....	82
Figura 13. Globotermómetro. ....	87
Figura 14. Termómetro de bulbo húmedo. ....	87
Figura 15. Límites permisibles para la carga térmica .....	108
Figura 16. Diagrama Esfuerzo-Carga.....	113
Figura 17: Aire acondicionado marca Prima.....	121
Figura 18: Medición de humedad. ....	126
Figura 19: Medición de temperatura.....	126
Figura 20: Unidad exterior.....	127
Figura 21: Partes de la unidad exterior .....	127
Figura 22: Unidad Interior.....	128
Figura 23: Partes de la unidad interior del aire acondicionado split. ....	128
Figura 24: Cañerías de cobre 1/4" y 5/8".....	129
Figura 25: Cables de instalación eléctrica.....	129
Figura 26: Techo con aislamiento de entradas de aire. ....	130
Figura 27: Preparación de herramientas de trabajo. ....	130
Figura 28: Unidad exterior colocada.....	131
Figura 29: Unidad interior colocada.....	131

Figura 30: Barilla de cobre (AL 15).....	132
Figura 31: Soldadura de cañerías. ....	132
Figura 32: Cañerías colocadas .....	133
Figura 33: Sistema de aire acondicionado terminado.....	133
Figura 34: Prueba de funcionamiento por el investigador.....	134

## Índice de Tablas

Tabla 1. Valores del refrigerante R22.....	31
Tabla 2. Fluidos frigorígenos.....	42
Tabla 3. Propiedades termodinámicas de los fluidos frigorígenos.....	54
Tabla 4. Comparación de Fluidos.....	55
Tabla 5. Valores de sobrecalentamiento .....	56
Tabla 6. Performances de un ciclo a amoníaco en dos etapas.....	57
Tabla 7. Comparación entre fluidos sobre un ciclo.....	57
Tabla 8: Niveles de confort de Temperatura y humedad .....	69
Tabla 9. Performances relativas a fluidos caloportadores frigoríficos. ....	84
Tabla 10. Ganancias debidas al alumbrado. ....	102
Tabla 11. Valores de calor a considerar en un taller. ....	117
Tabla 12: Valores de operación optima del aire acondicionado.....	122
Tabla 13: Valores de funcionamiento de mando a distancia.....	123
Tabla 14: Solución de fallas. ....	124

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación denominado **“CLIMATIZACIÓN DEL LABORATORIO DE AUTOTRÓNICA DEL TALLER DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ”** se elaboró basado en la necesidad de una aplicación práctica que solucione el problema ambiental presente en el taller. Por sus propias características, el trabajo en el laboratorio presenta una serie de riesgos de origen y consecuencias muy variadas, relacionados básicamente con las instalaciones, los equipos que se manipulan, también con las energías y organismos vivos que por naturaleza habitan en todos los rincones del planeta. En consecuencia, la prevención de los riesgos y el confort de trabajo en el laboratorio presentan unas características propias que la diferencian de otras áreas productivas. La participación de criterios para asegurar la calidad, se basa en estándares tales como el tipo GLP (Buenas Prácticas de Laboratorio) o NE 45001 (Norma de Seguridad y Salud Laboral) o la certificación en base a una norma ISO 9000, lleva implícita la aplicación de una política de salud y seguridad laboral en el laboratorio en mención. La climatización del laboratorio de autotrónica del Taller de Ingeniería en Mantenimiento, es una necesidad porque se trata de un ambiente que debe contar con las condiciones indispensables para el desarrollo eficiente de las actividades que le son propias, con las más estrictas normas de temperatura e higiene puesto que se utilizan equipos electrónicos sumamente sensibles al entorno, mismos que sirven para la optimización funcional de los automotores. El proyecto se propuso la implementación de un sistema de climatización, que estará a la disposición de los futuros profesionales de la carrera en la Universidad Técnica del Norte, su diseño publicado electrónicamente, estará a la disposición de la comunidad educativa para futuras investigaciones y posibles incrementos al proyecto.

## ABSTRACT

The present project of investigation called "CLIMATIZACIÓN DEL LABORATORIO DE AUTOTRÓNICA DEL TALLER DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE." It was made based on the need of a practical application that solves the environmental problem present in the workshop. By their own characteristics, the work in the laboratory presents a series of original risks and many consequences, basically related to infrastructure, the equipment that is used, also with the energy and the living organism that for nature living worldwide. In consequence, the prevention of risks and the comfort of the work in the laboratory has its own characteristics that differentiate from other work areas. The presence of quality reviews ensure, based on rules such as, GLP (Buenas practicas de Laboratorio) or NE 45001 (Norma de Seguridad y Salud Laboral) or the certification based on ISO 9000, It is a governed by a politics of health and job security in the referred laboratory. The weatherization of "LABORATORIO DE AUTOTRÓNICA DEL TALLER DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE" is necessary, because it is an ambient that must have whit the prerequisites to have efficient development of its own activities, whit the most standards of temperature hygiene, because it uses electronic equipment very sensitive to the environment, the same is used in the functional optimization of cars. This project has the purpose of implementing a weatherization system that will be a service for future professionals of the carrier in "Universidad Técnica del Norte" their sing electronically published, will be to educate community service for futures research and possibly increases the project.

# CAPÍTULO I

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Antecedentes

La Universidad Técnica del Norte, el más importante centro de educación superior de la región norte del Ecuador, mantiene en su oferta académica para los jóvenes bachilleres que aspiran seguir una carrera que haga posible su proyecto de vida, a través de la adquisición de una profesión que mantiene una alta demanda social en el medio en el que se desenvuelve; y, la opción de incorporarse al engranaje productivo nacional con un gran nivel de éxito. Se trata de la Ingeniería en mantenimiento automotriz, una carrera de reciente creación que da cabida a cientos de jóvenes que aspiran un mejor futuro para sí mismos y para sus familias.

Aunque la Universidad ha invertido ingentes recursos en equipar los ambientes, talleres y laboratorios adecuados para el desarrollo de las actividades de formación académica de la carrera, es necesario también el aporte de los estudiantes en formación, que contribuyan en aspectos de carácter técnico para complementar las áreas de trabajo de especialización, desde la investigación, que haga posible complementar y dotar de todas las especificaciones técnicas y científicas de los laboratorios de experimentación y formación profesional.

Así se ha logrado que los estudiantes de los últimos niveles de la carrera, desarrollen proyectos y trabajos de investigación que a la vez que les permitan cumplir un requisito de formación profesional, contribuyan a mejorar los ambientes, laboratorios y talleres en los que se forman los futuros Ingenieros en Mantenimiento Automotriz.

Una necesidad actual en la que es indispensable desarrollar un proyecto de investigación es sobre la climatización del laboratorio de autotrónica del taller de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, aspecto que reviste gran importancia para mejorar la calidad y resultados de las actividades de experimentación, aprendizaje y autogestión institucional.

## **1.2. Planteamiento del problema**

El Laboratorio de autotrónica del taller de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, es un ambiente de investigación en el que se debe mantener las más estrictas normas de temperatura e higiene puesto que se utilizan equipos electrónicos sumamente sensibles al entorno. En el campo de las investigaciones que aquí se realizan, se consideran trabajos relacionados con la optimización funcional de los automotores, instalación eléctrica buscando la eficiencia y la potenciación de la capacidad del motor, el confort y seguridad de los pasajeros con acciones que tiendan a la prevención de accidentes, minimización de daños potenciales, ahorro de energía, sistemas de climatización, freno, bloqueo antirrobo, reducción del consumo y el control de las emisiones tóxicas que contribuyan a disminuir la contaminación ambiental, utilizando dispositivos de control modernos y funcionales que sustituyen los sistemas mecánicos con eléctricos o electrónicos de iluminación, de potencia y de encendido a inyección.

El laboratorio eficientemente equipado trabaja con técnicas sofisticadas para diagnosticar posibles fallas de funcionamiento, pero requiere de condiciones especialmente diseñadas para su funcionamiento entre las que se encuentra la climatización y purificación del ambiente.

El presente trabajo de investigación espera contribuir con los estudios técnicos y el diseño del proyecto de climatización bajo del laboratorio de autotrónica del taller de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte, bajo en consumo eléctrico, permitirá a la práctica de los estudiantes en una temperatura agradable y refrescante porque mediante la instalación de sistemas

evaporativos, que no recurren a gases refrigerantes nocivos para el medioambiente, logra renovar el aire viciado que es producido por el funcionamiento de los motores, disminuir la temperatura ambiente del taller producida por la radiación solar y los equipos encendidos.

La instalación del sistema de climatización entonces permitirá no solamente que los estudiantes realicen prácticas en un ambiente agradable y funcional sino que además se logrará que los equipos e instrumentos funcionen en nivel óptimo manteniendo adecuada temperatura.

### **1.3. Formulación del problema**

¿Cómo instalar un sistema de climatización en el Laboratorio de Autotrónica del Taller de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz?

### **1.4. Delimitación**

#### **1.4.1. Delimitación temporal**

El presente proyecto se realizará en el periodo comprendido entre Enero 2015 a Julio del 2015.

#### **1.4.2. Delimitación espacial**

Se realizará en el Laboratorio de autotrónica del taller de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte, en la ciudad de Ibarra.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

Instalar un sistema de climatización en el Laboratorio de Autotrónica del Taller de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

1. Realizar la investigación bibliográfica relacionada con el sistema de climatización para un laboratorio de autotrónica del taller de mantenimiento automotriz.
2. Diagnosticar la situación actual de la climatización del laboratorio de autotrónica del taller de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte.
3. Calcular la capacidad necesaria para climatizar adecuadamente el laboratorio de autotrónica del taller de ingeniería en mantenimiento automotriz.
4. Comprobar q los equipos instalados cumplan con las necesidades requeridas para proveer un ambiente de confort y calidad.

## **1.6. Justificación**

La investigación se justifica en tanto viabiliza la interacción de la teoría aprendida a lo largo del proceso de formación de la carrera con la aplicación práctica no

solamente de la instalación de un sistema de climatización del laboratorio de autotrónica de Ingeniería en mantenimiento automotriz, principalmente para familiarizarse con las características y condiciones especiales, aspectos técnicos y especificaciones precisas que requiere un ambiente de esta naturaleza para facilitar un trabajo óptimo.

El que los estudiantes en proceso de formación de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz que desarrollen proyectos de trascendencia similares para el ejercicio profesional, estén mejor capacitados y sean más competitivos en su campo laboral.

Cada campo de investigación relacionado con el ejercicio práctico de la profesión aportará también como material de apoyo y consulta para las futuras generaciones de la carrera y serán la pauta para la ejecución de nuevos proyectos.

La instalación de un sistema de climatización en un taller del Laboratorio de Autotrónica contribuirá significativamente a mejorar el ambiente en el que se desarrollan las prácticas de formación profesional puesto que permitirá contar con un taller con temperatura agradable y permanente para optimizar el funcionamiento de los equipos e instrumentos, facilitará las actividades durante largas jornadas de experimentación y comprobación y proporcionará resultados más confiables de los procedimientos que buscan la optimización funcional de los automotores.

La investigación es factible porque se dispone de suficiente material bibliográfico que permita la elaboración del marco teórico, se cuenta con los recursos humanos, técnicos, materiales y económicos para su realización, además de la colaboración de las autoridades de la Facultad de Educación, Ciencia y Tecnología de la Universidad Técnica del Norte.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Breve reseña histórica



Figura 1: Willis Carrier.  
Fuente. Esselfri (2015).

En 1902 Willis Carrier sentó las bases de la maquinaria de refrigeración moderna y al intentar aplicarla a los espacios habitados, se encontró con el problema del aumento de la humedad relativa del aire enfriado, y al estudiar cómo evitarlo, desarrolló el concepto de climatización de verano.

Por aquella época un impresor neoyorquino tenía serias dificultades durante el proceso de impresión, que impedían el comportamiento normal del papel, obteniendo una calidad muy pobre debido a las variaciones de temperatura, calor y humedad. Carrier se puso a investigar con tenacidad para resolver el problema:

diseñó una máquina específica que controlaba la humedad por medio de tubos enfriados, dando lugar a la primera unidad de refrigeración de la historia. Durante aquellos años, el objetivo principal de Carrier era mejorar el desarrollo del proceso industrial con máquinas que permitieran el control de la temperatura y la humedad. Los primeros en usar el sistema de aire acondicionado Carrier fueron las industrias textiles del sur de Estados Unidos.

Un claro ejemplo, fue la fábrica de algodón Chronicle en Belmont. Esta fábrica tenía un gran problema. Debido a la ausencia de humedad, se creaba un exceso de electricidad estática haciendo que las fibras de algodón se convirtiesen en pelusa. Gracias a Carrier, el nivel de humedad se estabilizó y la pelusilla quedó eliminada. Debido a la calidad de sus productos, un gran número de industrias, tanto nacionales como internacionales, se decantaron por la marca Carrier.

## **2.2. Aire acondicionado y climatización**

Para diferenciar ambos sistemas se debe entender por aire acondicionado aquel en que el flujo de aire atraviesa el calefactor y el evaporador por separado, con lo que tenemos en el habitáculo dos flujos de aire, uno caliente con mayor humedad y otro frío con poca humedad.

De manera contraria, se debe entender por climatización aquel sistema en que solamente hay un flujo de aire que primero pasa por el evaporador, donde se condensa la humedad en exceso, y posteriormente por el calefactor, donde se alcanza la temperatura deseada, de esta forma se controla el grado de humedad del aire.

### 2.2.1. Aire acondicionado

El acondicionamiento de aire es el proceso que se considera más completo de tratamiento del aire ambiente de los locales habitados; consiste en regular las condiciones en cuanto a la temperatura (calefacción o refrigeración), humedad, limpieza (renovación, filtrado) y el movimiento del aire adentro de los locales.



Figura 2: Aire acondicionado.  
Fuente. Productos Prima (2014).

Entre los sistemas de acondicionamiento se cuentan:

Los autónomos y los centralizados; los primeros producen el calor o el frío y tratan el aire (aunque a menudo no del todo). Los segundos tienen un/unos acondicionador/es que solamente tratan el aire y obtienen la energía térmica (calor o frío) de un sistema centralizado.

En este último caso, la producción de calor suele confiarse a calderas que funcionan con combustibles.

La de frío a máquinas frigoríficas, que funcionan por compresión o por absorción y llevan el frío producido mediante sistemas de refrigeración.

La expresión aire acondicionado suele referirse a la refrigeración, pero no es correcto, puesto que también debe referirse a la calefacción, siempre que se traten (acondicionen) todos o algunos de los parámetros del aire de la atmósfera.

Lo que ocurre es que el más importante que trata el aire acondicionado, la humedad del aire, no ha tenido importancia en la calefacción, puesto que casi toda la humedad necesaria cuando se calienta el aire, se añade de modo natural por los procesos de respiración y transpiración de las personas.

De ahí que cuando se inventaron máquinas capaces de refrigerar, hubiera necesidad de crear sistemas que redujesen también la humedad ambiente.

### **2.2.2. Climatización**

El climatizador consta básicamente de una entrada de aire exterior, un filtro, un ventilador, uno o dos intercambiadores de frío/calor, un separador de gotas (para verano) y un humidificador (para invierno).

Los climatizadores pueden ser de tipos muy variados, puede ser individual o colectivo, así como mural, de pie, entre otros.

Dentro de la climatización se incluyen también los equipos de ventilación y acondicionamiento del aire, muy importantes de cara al bienestar de las personas y a la purificación y calidad del aire. Para conseguir un ambiente puro y adecuado, se debe incluir un buen sistema de ventilación porque el aire puede tener una temperatura agradable, pero puede llegar a estar viciado y no ser adecuado para las personas, afectando a la salud de las mismas. El sistema de ventilación consiste básicamente en la introducción de aire limpio en el sistema, pasando antes por el equipo de climatización para conservar unas condiciones ambientales (de temperatura, por ejemplo) adecuadas.



Figura 3: Climatizador.  
Fuente. Masm Productos (2014).

La climatización tiene dos vertientes:

*La calefacción, o climatización de invierno.*

*La refrigeración o climatización de verano.*

### ***La comodidad térmica***

Importante para el bienestar, está sujeta a los siguientes factores:

- **El factor humano:** La manera de vestir, el nivel de actividad y el tiempo durante el cual las personas permanecen en la misma situación, influye sobre la comodidad térmica.

- **El espacio:** La temperatura radiante media de los paramentos del local considerado y la temperatura ambiental.
- **El aire:** Su temperatura, velocidad y humedad relativa.
- **La temperatura exterior:** los elementos separadores del interior de los edificios con el exterior no son impermeables al paso del calor, aunque pueden aislarse convenientemente. El calor pasa desde el ambiente más cálido al ambiente más frío dependiendo de la diferencia de temperaturas entre ambos ambientes.
- **La radiación solar:** Con el desarrollo de los nuevos edificios, las nuevas técnicas han favorecido el empleo del cristal y el incremento térmico es considerable en verano cuando la radiación solar los atraviesa, pero es favorable en invierno, disminuyendo las necesidades de calefacción.
- **La ventilación:** La introducción de aire exterior en el edificio puede modificar la temperatura interna de éste, lo cual puede suponer un problema cuando el aire exterior está a 30 °C.
- **La ocupación:** El número de ocupantes aumenta en los edificios, generando cada uno entre 80 y 150 W de carga térmica, según la actividad realizada.

El siguiente Gráfico aclara el concepto:

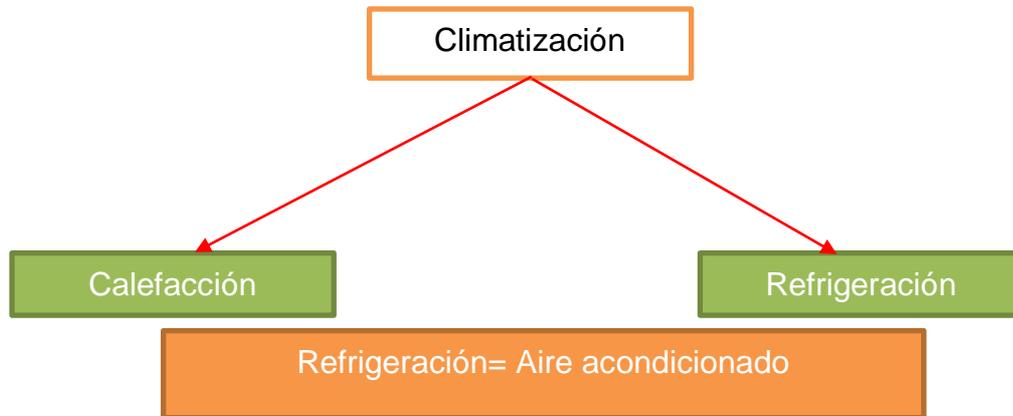


Figura 4: Relación entre refrigeración y climatización.  
Fuente. Elaborado por el investigador (2015).

Climatización en los centros de trabajo Exterior de un sistema de aire acondicionado moderno (unidad dividida o tipo "Split"). Las condiciones de trabajo climáticas son la temperatura y la humedad en las que se desarrolla un trabajo. El trabajo físico genera calor en el cuerpo. Para regularlo, el organismo humano posee un sistema que permite mantener una temperatura corporal constante en torno a los 37 °C. La regulación térmica y sensación de confort térmico depende del calor producido por el cuerpo y de los intercambios con el medio ambiente. Todo ello está en función de, las condiciones ambientales de los lugares de trabajo, en concreto la temperatura del aire, la radiación, la humedad y la velocidad del aire, junto con la "intensidad" o nivel de actividad del trabajo y la ropa que se lleve, pueden originar situaciones de riesgo para la salud de los trabajadores, que se conocen como estrés térmico, bien por calor o por frío. Se puede producir riesgo de estrés térmico por calor en ambientes con temperatura del aire alta (zonas de clima caluroso, verano), radiación térmica elevada (fundiciones, acerías, fábricas de ladrillos y de cerámica, plantas de cemento, hornos, panaderías, etc.), altos niveles de humedad (minas, lavanderías, fábricas de conservas, etc.), en lugares donde se realiza una actividad intensa o donde es necesario llevar prendas de protección que impiden la evaporación del sudor.

## **2.3. Refrigeración**

Refrigeración es un proceso que consiste en bajar o mantener el nivel de calor de un cuerpo a un espacio.

### **2.3.1. Proceso de refrigeración**

La bomba de refrigeración tiene que bombear el calor desde la temperatura mínima de los compartimientos de refrigeración hasta la temperatura ambiente promedio de 20 °C o 35 °C. Para conseguir esto, se emplean los componentes de la refrigeradora, el calor que se introduce en la refrigeradora no eleva normalmente la temperatura de la comida en ella contenida de manera apreciable. Si lo hiciera, la comida se estropearía. El calor dentro de la refrigeradora se incrementa hasta un nivel predeterminado; entonces se activa el sistema de refrigeración y bombea el calor hacia afuera.

Con la siguiente analogía podemos darnos cuenta del trabajo a realizar: El proceso de bombear el calor hacia afuera de la nevera puede compararse a bombear agua desde un valle hasta la cima de una montaña.

Se necesita tanta energía para bombear el agua hacia arriba de la pendiente como para bombearla. Una bomba de agua con un motor realiza un cierto trabajo. Si se estuviera utilizando, por ejemplo, un motor de gasolina para hacer funcionar la bomba, la gasolina se quemaría y se convertiría en energía de trabajo.

Los motores eléctricos, por su parte, utilizan energía eléctrica como energía de trabajo; La refrigeración es el proceso de desplazar calor desde una zona de menor temperatura hasta un medio con mayor temperatura.

El concepto de refrigeración en el aparato de aire acondicionado es el mismo que en la refrigeradora doméstica. El aparato bombea el calor desde el interior de la casa hasta el exterior.

Cuando se introduce aire caliente en la casa, dicho calor debe ser expulsado. El aire caliente se expulsa hacia afuera mediante una parte del sistema. El aire frío del interior de la casa es aire recirculado.

El aire de la habitación, a la temperatura ambiente de unos 25 °C entra en la unidad, saliendo de esta a unos 10 °C. Se trata del mismo aire, pero habiendo eliminado parte del calor.

### **2.3.2. Parámetros de diseño**

El diseño de estos sistemas frigoríficos se define, principalmente, en función de los siguientes parámetros:

- Temperaturas de operación: (Temperaturas de evaporación y condensación).
- Capacidad del sistema, generalmente denominada en KW definida en función de la carga térmica.
- Refrigerantes amigables ambientalmente y de amplio efecto refrigerante.
- Costos operativos del sistema.

### **2.3.3. Sistemas de refrigeración**

#### ***Sistemas de refrigeración conforme zonas de frío***

Implementados tanto en plantas frigoríficas como en refrigeradores domésticos pueden catalogarse primeramente conforme las denominadas "zonas de frío" o temperaturas de frío para las cuales estos estén diseñados las cuales pueden ser:

- **Una zona de frío**

Es el clásico arreglo en el cual el sistema opera bajo una sola temperatura de régimen de frío, es decir, entre una temperatura de condensación y una sola temperatura de evaporación del refrigerante.

- **Dos o más zonas de frío**

Es aquel sistema en el cual el refrigerante condensado a una sola temperatura se evapora a distintos valores en función de distintos procesos.

A modo de ejemplo, y para una planta frigorífica, una cámara de congelado y una cámara de productos frescos requieren distintas temperaturas de régimen y, por lo tanto, distintas temperaturas de evaporación del refrigerante.

## ***Sistemas de refrigeración conforme alimentación de refrigerante***

- **Expansión seca (DX)**

Se les denomina sistemas de expansión seca, -o directa- a los sistemas frigoríficos en los cuales la evaporación del refrigerante se lleva a cabo a través de su recorrido por el evaporador, encontrándose este en estado de mezcla en un punto intermedio de este. Estos sistemas, si bien son los más comunes, suelen ser de menor capacidad que los de recirculación de líquido.

- **Con recirculación de líquido**

Lo que diferencia a los sistemas de recirculación de líquido a los de expansión directa es que el flujo másico de líquido a los evaporadores supera con creces al flujo de vapor producido en el evaporador. Es común el apelativo de “sobrealimentación de líquido” para los evaporadores de estos sistemas.

Estos sistemas son preferentemente utilizados en aplicaciones industriales, con un número considerable de evaporadores y operando a baja temperatura.

### **2.3.4. Tipos de refrigeración**

#### ***Refrigeración por compresión***

La refrigeración por compresión desplaza la energía térmica entre dos focos; creando zonas de alta y baja presión confinadas en intercambiadores de calor,

mientras estos procesos de intercambio de energía se suceden cuando el fluido refrigerante se encuentra en procesos de cambio de estado; de líquido a vapor, y viceversa.

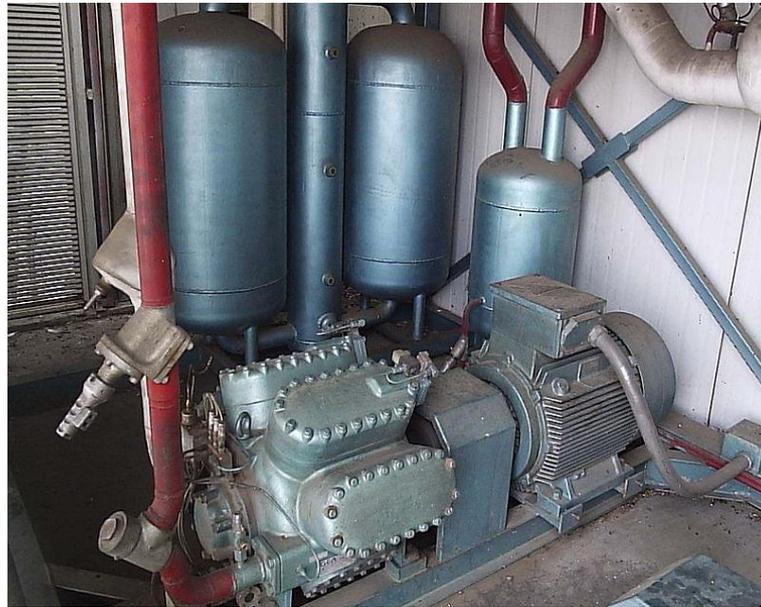


Figura 5: Refrigeración por compresión.  
Fuente. Neurotonix (2008)

#### a) Tipos por compresión

Por su parte, los sistemas de refrigeración por compresión se diferencian o separan en dos grandes tipos:

- Sistemas de compresión simple: Eleva la presión del sistema mediante una sola carrera de compresión.
- Sistemas de compresión múltiple: Solución de compresión ideal para bajas temperaturas debido a las altas relaciones de compresión que estos sistemas superan.

## b) Configuración de sistemas de compresión

- **Sistemas de expansión directa**

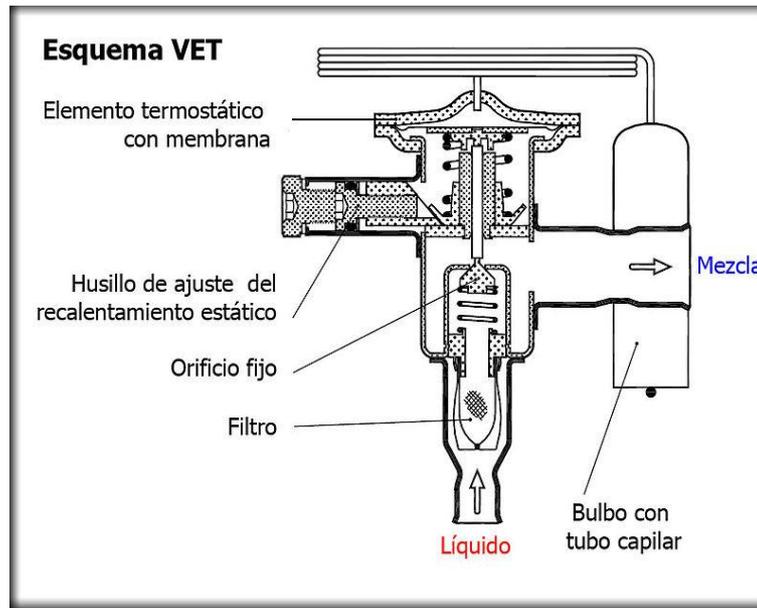


Figura 6: Válvula de expansión termostática.  
Fuente. Neurotonix (2009).

- ✓ **De compresión simple**

- **Sistema de una etapa.** Es el sistema de refrigeración más ampliamente utilizado debido a su simplicidad y versatilidad. Su particularidad, no obstante, consiste en que por lo general para lograr bajas temperaturas capaces de absorber grandes cargas térmicas, debe alcanzar elevadas relaciones de compresión. Se puede aplicar en refrigeradores domésticos, vitrinas frigoríficas comerciales, equipos de aire acondicionado de todo tipo, y sistemas que no absorban grandes cargas frigoríficas.

✓ **De compresión múltiple:**

- **Sistema de doble etapa.** La doble etapa permite, mediante un compresor de doble etapa, alcanzar elevadas relaciones de compresión y, por lo tanto, menores temperaturas con capacidad de absorber mayor carga térmica. Sistema propio en cámaras de congelado de alta eficiencia energética.
  
- **Sistema en cascada.** La compresión múltiple en cascada permite, mediante dos circuitos de refrigeración de una etapa "semi independientes" y con distintos refrigerantes, alcanzar temperaturas cercanas a los -80°C. Propio en equipos de laboratorio para almacenamiento de muestras biológicas.
  
- **Sistema de compresión múltiple con enfriador intermedio de tipo abierto.** Esta modalidad de compresión múltiple permite, mediante dos compresores y un estanque presurizado conectado entre ambos, realizar una expansión y enfriamiento del refrigerante en circulación antes de ingresar a la etapa de alta presión. Propio de sistemas industriales.
  
- **Sistema de compresión múltiple con enfriador intermedio de tipo cerrado.** A diferencia del sistema anterior, al cual también se le puede denominar "de inyección total", aquí se produce una "inyección parcial" del refrigerante al interior del estanque a fin de producir un enfriamiento.

- **Sistemas con recirculado de líquido**



Figura 7: Estanque de recirculado de Amoniaco.  
Fuente. Neurotonix (2010).

- ✓ **De compresión simple**

- **Sistema con estanque de recirculado:** La recirculación de líquido es un método utilizado con la finalidad de alimentar los evaporadores inundados instalados en una gran instalación frigorífica. Generalmente se utiliza amoníaco (R717) como refrigerante.

- ✓ **De compresión múltiple**

- **Sistema de compresión múltiple con estanque de recirculado:** Un sistema de recirculado de compresión múltiple permite bombear refrigerante líquido a menor presión y temperatura a los evaporadores inundados.

## ***Refrigeración por absorción***

El sistema de refrigeración por absorción es un medio de producir frío que aprovecha las propiedades de ciertas sustancias que absorben calor al cambiar de estado líquido a gaseoso. Así como en el sistema de compresión el ciclo se hace mediante un compresor, en el caso de la absorción, el ciclo se basa físicamente en la capacidad que tienen algunas sustancias, como el bromuro de litio, de absorber otra sustancia, tal como el agua, en fase de vapor. Otra posibilidad es emplear el agua como sustancia absorbente (disolvente) y como absorbida (soluto) amoníaco.

### **2.4. Unidades de medida**

Hay que distinguir, en la potencia, dos magnitudes: potencia absorbida (en energía mecánica, sea con motor eléctrico, con motor de explosión o con turbina) y potencia de enfriamiento o de refrigeración.

- En el Sistema Internacional de Unidades (SI), la potencia de los equipos frigoríficos se mide en vatios (W) o en múltiplos de sus unidades.
- En el Sistema técnico de unidades se utiliza para la potencia de enfriamiento la caloría/hora, aceptada en un anexo del SI, aunque a menudo se llama frigoría/hora que tiene la misma definición que la caloría/hora y la única diferencia es que se emplea para medir el calor extraído, no el aportado.
- En la práctica comercial norteamericana, la potencia de refrigeración se mide en "toneladas de refrigeración", o en BTU.

## **2.5. Evaluación de los equipos de acondicionamiento de aire**

Se debe disponer de un sistema para la evaluación de los equipos de refrigeración, de forma que se pueda comparar unos equipos con otros.

El método de evaluar los equipos de refrigeración procede del tiempo en que se utilizaba hielo como fuente para eliminar calor. Se necesitan 36.29 Kcal (144 btu) para fundir una libra de hielo a 0 °C. Este mismo valor se emplea también en la evaluación de los equipos de refrigeración”.

El término empleado para designar a esta evaluación es la tonelada o ton.

Una tonelada de refrigeración es la cantidad de calor requerida para fundir una tonelada de hielo (nota: una tonelada americana, que equivale a 2.000 Lb.) en un periodo de 24 horas. Se necesitan 144 btu de calor para fundir una libra de hielo. Por tanto, se necesitarán dos mil veces más calor para fundir una tonelada de hielo (2.000 Lb = 1 tonelada);  $144 \text{ Btu/Lb} \times 2.000 \text{ Lb} = 288.000 \text{ Btu}$  (72.576 Kcal) para fundir una tonelada de hielo.

Cuando esto se realiza en un periodo de 24 h. se dice que es 1 ton de refrigeración. Las mismas reglas se aplican cuando se elimina calor de una sustancia. Por ejemplo, un acondicionador de aire que tenga una capacidad de 1 ton. Eliminará 72.576 Kcal/24h o 3.024 Kcal/h o 50.4 Kcal/Min.

## **2.6. Funcionamiento de los sistemas de refrigeración**

Los métodos de refrigeración que se utilizan generalmente son de compresión mecánica que consiste en la realización de un proceso cíclico de transferencia de

calor interior de un edificio al exterior, mediante la evaporación de sustancias denominadas refrigerantes como el freón, las que actualmente están siendo reemplazados por refrigerantes alternativos que no afectan el medio ambiente y la capa de ozono.

Es un error muy común el pensar que cuando se programa el aire acondicionado a 16°C este va a expulsar esa temperatura. El aire acondicionado siempre expulsa la misma temperatura, (y esta ronda siempre entorno a los 9-12°C menos que la temperatura ambiente) da igual que se ponga a 16 o 26°C, lo único que ocurre es lo que se acabó de explicar, y es que la máquina dejara de procesar a la temperatura deseada.

Para entender cómo funciona un aire acondicionado se explica su funcionamiento desde la unidad exterior.

En la unidad exterior es donde está el motor o compresor que es el encargado de comprimir el gas. Al comprimirse el gas se convierte en estado líquido y su temperatura aumenta. A continuación es impulsado hacia el condensador, que es el “radiador” que hay en la máquina exterior, este expulsa aire caliente. Pues bien, llegado al condensador lo que se hace es robarle calor y este proceso se llama sub-enfriamiento. Al robarle calor el gas empieza a convertirse en estado gaseoso, pero no en su totalidad, una mezcla de gas líquido y gaseoso se dirige hasta la válvula de expansión. La válvula de expansión lo que produce es una pérdida de carga en el refrigerante, produciendo una bajada de la presión y de la temperatura del gas. Este proceso es igual a usar un desodorante en spray. Se tiene un gas líquido y al presionar el spray se pulveriza y sale frío.

Una vez bajada la presión y la temperatura al gas, este se dirige hacia el evaporador, que es la unidad interior del aire acondicionado, allí lo que se hace es calentar el gas y este proceso se llama sobrecalentamiento.

De esta manera es como se consigue enfriar el lugar, ya que el gas tiene menor temperatura que el aire de la habitación. El aire pasa a través del evaporador enfriándose y a su vez robándole calor al gas refrigerante.

Luego ese calor que se ha robado a la habitación, a través del gas, es absorbido por el compresor, que a su vez sirve para refrigerar el mismo ya que el gas que le retorna aun llega frío. Después de esto el proceso se vuelve a repetir una y otra vez hasta que la habitación llegue a estar a la temperatura que se le haya programado al aire acondicionado, una vez alcanzada la temperatura deseada el termostato hará que la máquina se pare hasta que vuelva a subir la temperatura de nuevo.

El elemento básico es el compresor del tipo alternativo o a pistón que se utiliza en la mayoría de los casos. También se utilizan compresores rotativos para sistemas pequeños o tipo espiral llamado scroll. En grandes instalaciones se suelen emplear compresores axohelicoidales llamados a tornillo o del tipo centrífugo.

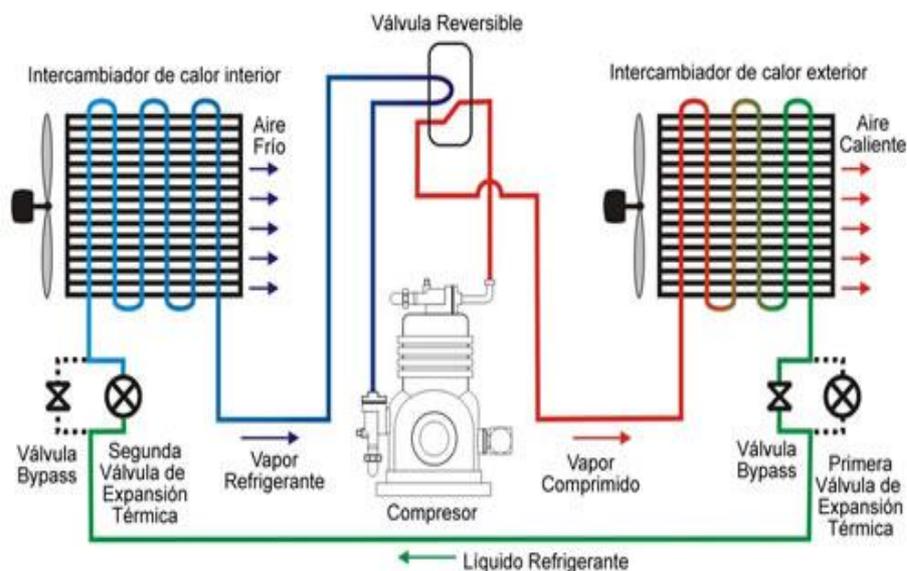


Figura 8: Esquema de flujo  
Fuente. Sistemas Eléctricos Blog (2013).

## **2.7. Clasificación de los equipamientos**

Los equipamientos de refrigeración se utilizan para enfriar y deshumidificar el aire que se requiere tratar o para enfriar el agua que se envía a unidades de tratamiento de aire que circula por la instalación, por ello, se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Expansión Directa.
- Expansión Indirecta (agua fría).

### **2.7.1 Expansión Directa**

Se caracterizan por que dentro del serpentín de los equipos, se expande el refrigerante enfriando el aire que circula en contacto directo con él. Se pueden emplear equipos compactos autoconenidos que son aquellos que reúnen en un solo mueble o carcasa todas las funciones requeridas para el funcionamiento del aire acondicionado, como los individuales de ventana o, en caso de mayores capacidades, los del tipo roof-top que permiten la distribución del aire mediante conductos.

Los sistemas llamado separado o Split system se diferencian de los autoconenidos porque están repartidos o divididos en dos muebles uno exterior y otro interior, con la idea de separar en el circuito de refrigeración: la zona de evaporación en el interior con la zona de condensación en el exterior.

Ambas unidades van unidas por medio de tuberías de cobre para la conducción del gas refrigerante.

Los sistemas multi Split consisten en una unidad condensadora exterior, que se puede vincular con dos o más unidades interiores. Se han desarrollado equipamientos que permiten colocar gran cantidad de secciones evaporadoras

con solo una unidad condensadora exterior mediante la regulación del flujo refrigerante, denominado VRV.

Todas estas unidades son enfriadas por aire mediante un condensador y aire exterior circulando mediante un ventilador.

También existen sistemas enfriados por agua que se diferencian de aquéllos, en que la condensación del refrigerante es producida por medio de agua circulada mediante cañerías y bomba, empleando una torre de enfriamiento.

### **2.7.2. Expansión Indirecta**

Utilizan una unidad enfriadora de agua, la cual es distribuida a equipos de tratamiento de aire donde el serpentín trabaja con agua fría, denominados fan-coil; (ventilador-serpentín), que puede ser del tipo central constituido por un gabinete que distribuye el aire ambiente por medio de conductos o individuales verticales que se ubican sobre pared o bajo ventana u horizontales para colgar bajo el cielorraso.

### **2.8. Funciones que deben cumplir los equipos de sistemas de aire controlado**

Las funciones que deben cumplir los equipos de aires acondicionados consisten en:

- En verano: enfriamiento y deshumectación.
- En invierno: calentamiento y humectación.
- Comunes en invierno y verano: ventilación, filtrado y circulación.

Estos procesos deben realizarse:

- Automáticamente.
- Sin ruidos molestos.
- Con el menor consumo energético.

### **2.8.1. Ventilación**

La función de ventilación, consiste en la entrada de aire exterior, para renovar permanentemente el aire de recirculación del sistema en las proporciones necesarias a fin de lograr un adecuado nivel de pureza, dado que como el resultado del proceso respiratorio, se consume oxígeno y se exhala anhídrido carbónico, por lo que debe suministrarse siempre aire nuevo a los locales para evitar que se produzcan vaciamientos y olores. El aire nuevo del edificio o aire de ventilación penetra a través de una reja de toma de aire, en un recinto llamado pleno de mezcla, en él se mezcla el aire nuevo con el aire de retorno de los locales, regulándose a voluntad mediante persianas de accionamiento manualmente o eventualmente automáticas.

### **2.8.2. Filtrado**

La función de filtrado se cumple en la batería de filtros. Consiste en tratar el aire mediante filtros adecuados a fin de quitarle polvo, impurezas y partículas en suspensión. El grado de filtrado necesario dependerá del tipo de instalación de acondicionamientos a efectuar. Para la limpieza del aire se emplea filtros que normalmente son del tipo mecánico, compuestos por sustancias porosas que obligan al aire al pasar por ellas, a dejar las partículas de polvo que lleva en suspensión. En las instalaciones comunes de confort se usan filtros de poliuretano, lana de vidrio, microfibras sintética o de metálicos de alambre con tejido de distinta malla de acero o aluminio embebidos en aceite.

### **2.8.3. Enfriamiento y deshumectación**

La función de refrigeración y deshumectación, se realiza en verano en forma simultánea en la batería de refrigeración, dado que si no se realiza, el porcentaje de humedad relativa aumenta en forma considerable, provocando una sensación de molestia y pesadez. La humedad contenida en el aire que circula se elimina por condensación, porque se hace trabajar la batería a una temperatura inferior a la del punto de rocío. En instalaciones industriales que se requiere gran posición puede aplicarse un sistema separado empleando para la deshumectación agentes absorbentes como la sílica-gel.

### **2.8.4. Calentamiento**

El calentamiento del aire se efectúa en invierno en la batería de calefacción, por medio de una batería agua caliente o vapor vinculadas con cañerías a una planta de calderas o intercambiadores a gas o eléctricos. Para aplicaciones de confort en instalaciones de agua fría se suele emplear la misma batería que se usa para refrigerar para calefaccionar haciendo circular agua caliente por la misma, en la época de invierno.

### **2.8.5. Humectación**

En invierno, si se calienta el aire sin entregarle humedad, la humedad relativa disminuye provocando resecaamiento de las mucosas respiratorias, con las consiguientes molestias fisiológicas. La función de humectación, que se ejecuta en invierno en el humectador, debe colocarse después de la batería de calefacción dado que el aire más caliente tiene la propiedad de absorber más humedad.

### **2.8.6. Circulación**

La función de circulación la realiza el ventilador dado que es necesario un cierto movimiento de aire en la zona de permanencia con el fin de evitar su estancamiento, sin que se produzca corrientes enérgicas que son perjudiciales. Se emplean ventiladores del tipo centrífugo, capaces de hacer circular los caudales de aires necesarios, venciendo las resistencias de frotamiento ocasionadas en el sistema con bajo nivel de ruidos. En los equipos destinados a pequeños locales como el acondicionador de ventana o el fan-coil individual, el aire se distribuye directamente mediante rejillas de distribución y retornos incorporados en los mismos.

### **2.8.7. Consumo energético**

El costo que actualmente representa la energía eléctrica es de vital importancia en una especialidad como el aire acondicionado que requiere un elevado consumo, por lo que su reducción representa una de las premisas básicas en los criterios de diseño. Para ello, existen numerosas tecnologías y medios de aplicación, que se centran fundamentalmente en el ajuste de las necesidades, la utilización de fuentes de energía no convencionales, el incremento de la eficiencia y la recuperación de la energía residual, independientemente de utilizar equipos de alto rendimiento. Otras formas de ahorrar energía consiste en la recuperación de calor de condensación aprovechando que los equipos frigoríficos desprenden en su funcionamiento gran cantidad de calor que convenientemente recuperada puede ser empleada para otros servicios o zonas frías del edificio o también el almacenamiento de energía enfriando agua o produciendo hielo en las horas de la noche cuando la tarifa energética es más económica, el que está destinado a recortar los picos térmicos diarios, permitiendo reducir de esa manera, el tamaño de los equipos acondicionadores.

### **2.8.8. Control Automático**

El automatismo se realiza básicamente mediante un termostato que comanda el funcionamiento de los equipos para el control de la humedad. Esto constituye uno de los aspectos primordiales, dado que si bien el diseño de la instalación se efectúa en función de las condiciones más desfavorables o críticas, el sistema debe efectuar correctamente adaptándose a todas las variables climáticas y de utilización que se requieren por lo que se debe contar con los controles automáticos adecuados, especialmente en el caso de necesidades reducidas o parciales.

### **2.9. Refrigerantes**

Un refrigerante es un producto químico líquido o gas, fácilmente licuable, que se utiliza para servir de medio transmisor de calor entre otros dos en una máquina térmica, y concretamente en aparatos de refrigeración. Los principales usos son los refrigeradores y los acondicionadores de aire.

El principio de funcionamiento de algunos sistemas de refrigeración se basa en un ciclo de refrigeración por compresión, que tiene algunas similitudes con el ciclo de Carnot y utiliza refrigerantes como fluido de trabajo.



Figura 9: Refrigerante (R22).  
Fuente. Manufacturas-Refrigerantes (2010).

<b>Propiedades físicas</b>	
Fórmula molecular	CHCLF2
Peso de Molecular	86,47
Punto de ebullición 101.3KPa (°C)	-40,8
Punto de congelación 101.3KPa (°C)	-160
Densidad 30°C (kg/m3)	1174,2
Temperatura crítica (°C)	96,2
Presión crítica (MPa)	4,99
ODP	0,034
GWP	1700
<b>Índice de la calidad</b>	
Pureza	el $\geq 99.90\%$
Contenido en agua	el $\leq 0.001\%$
Acidez	el $\leq 0.00001\%$
Residuo de la evaporación	el $\leq 0.01\%$
<b>Contenido del cloruro</b>	—
<b>Aspecto</b>	Descolorido y claro
<b>Olor</b>	Inodoro

Tabla 1. Valores del refrigerante R22.  
Fuente. Manufacturas-Refrigerantes (2010).

En todos los casos el punto común es el empleo de una sustancia, denominada refrigerante (R-22), que es capaz de absorber/liberar calor en el margen de temperaturas deseado mediante un cambio de fase.

Al pasar de la fase líquida a la fase vapor se aporta energía y, por consiguiente, el refrigerante absorbe calor del medio que lo rodea (genera frío) mientras que al pasar de la fase vapor a la fase líquida se libera energía y, por consiguiente, el refrigerante cede calor al medio que lo rodea (genera calor).

### 2.9.1. Características de los refrigerantes

- **Punto de congelación.** Debe de ser inferior a cualquier temperatura que existe en el sistema, para evitar congelaciones en el evaporador.
- **Calor específico.** Debe de ser lo más alto posible para que una pequeña cantidad de líquido absorba una gran cantidad de calor.
- **Volumen específico.** El volumen específico debe de ser lo más bajo posible para evitar grandes tamaños en las líneas de aspiración y compresión.
- **Densidad.** Deben de ser elevadas para usar líneas de líquidos pequeñas.
- **La temperatura de condensación.** A la presión máxima de trabajo debe ser la menor posible.

- **La temperatura de ebullición.** Relativamente baja a presiones cercanas a la atmosférica.
- **Punto crítico.** Lo más elevado posible.
- **No deben ser.** Líquidos inflamables, corrosivos ni tóxicos.
- **Interacción.** Dado que deben interaccionar con el lubricante del compresor, deben ser miscibles en fases líquidas y no nocivas con el aceite.
- **Aprovechamiento.** Los refrigerantes, se aprovechan en muchos sistemas para refrigerar también el motor del compresor, normalmente un motor eléctrico, por lo que deben ser buenos dieléctricos, es decir, tener una baja conductividad eléctrica.

### 2.9.2. Tipos

#### *Por su composición química*

- Los inorgánicos, como el agua o el NH<sub>3</sub>:
- Amoníaco
- Los de origen orgánico (hidrocarburos y derivados):
  - Las mezclas, azeotrópicas o no azeotrópicas.

- Hidrocarburos HC: contienen sólo hidrógeno y carbono en su composición. Ejemplos (propano, butano, etileno...).
- Clorofluorocarburos (CFC): contienen cloro y flúor, además del carbono. No contienen hidrógeno.
- Hidroclorofluorocarburos HCFQ: contienen hidrógeno, cloro y flúor, además del carbono.
- Hidrofluorocarburos (MFC): contienen hidrógeno y flúor, además del carbono. No contienen cloro.

### ***Por su grado de seguridad***

- GRUPO 1: no son combustibles ni tóxicos.
- GRUPO 2: tóxicos, corrosivos o explosivos a concentraciones mayores de 3,5% en volumen mezclados con el aire.
- GRUPO 3: tóxicos, corrosivos o explosivos a concentraciones menores o iguales a 3,5% en volumen.

### ***Por sus presiones de trabajo***

- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta

### ***Por su función***

- **Primario:** si es el agente trasmisor en el sistema frigorífico, y por lo tanto realiza un intercambio térmico principalmente en forma de calor latente.

- **Secundario:** realiza un papel de intercambio térmico intermedio entre el refrigerante primario y el medio exterior. Realiza el intercambio principalmente en forma de calor sensible.

### 2.9.3. Refrigerantes comúnmente usados

- El agua.
- El amoníaco.
- El Glicol
- Tipo R: R11. R12. R22. R23. R32. R123. R124. R134a. R502. R407C. R410A. R507. R517.

El freón es utilizado básicamente en los sistemas de bajas y medianas potencias, mientras que para el mundo de las altas potencias frigoríficas, el refrigerante principal es el amoníaco, por sus excelentes prestaciones energéticas en ciclos de compresión.

### 2.9.4. Nomenclatura de los refrigerantes

Los refrigerantes se conocen habitualmente por su denominación simbólica numérica, la cual sigue la expresión "R" más un número de dos o tres cifras y alguna o ninguna letra al final (R12, R22, R134a...). Dicha denominación simbólica se genera a partir de la fórmula química del compuesto siguiendo las siguientes reglas:

- Derivados de hidrocarburos lineales saturados: R-XYZ
- Derivados de hidrocarburos cíclicos: R-CXYZ
- Derivados de hidrocarburos insaturados: R-1XYZ
- Mezclas de hidrocarburos: R-51JK y R-4IJK
- Refrigerantes inorgánicos (naturales).

## 2.10. Generalidades de los fluidos refrigerantes

Por razones de mejor comprensión, ajenas a toda cuestión comercial, los fluidos frigorígenos han sido objeto de ciertas normas de denominación válidas sobre todo para cuerpos orgánicos y derivados. Estas normas tienen las bases generales siguientes:

- La denominación se inicia con la letra R que significa refrigerante, seguida de un cierto número de cifras y letras que representan:
- Los cuerpos de la química mineral tienen una designación que comienza por un 7 seguido de la masa molar redondeada.
- Los cuerpos de la química orgánica siguen otras reglas particulares, que se detallan a continuación.

La primera cifra es 0 que se indica si el cuerpo es de la serie saturada; si se tratase de series no saturadas, se reemplaza el 0 por el número «1».

La segunda cifra es igual al número de átomos de carbono disminuido en una unidad; si no está indicada es que el resultado es cero.

La tercera cifra es igual al número de átomos de hidrógeno más una unidad.

No obstante, los butanos han recibido la denominación R600 y R600a.

Los fluidos halogenados poseen particular importancia. En este caso, la cuarta cifra indica el número de átomos de flúor, deduciéndose el número de átomos de cloro por simple diferencia.

Si uno o dos átomos de flúor son reemplazados por átomos de bromo, la cifra que indica el número de átomos de flúor debe ser seguida de la letra B y a continuación el número de átomos de bromo. El número de átomos de flúor se indica siempre aunque fuera nulo.

Los cuerpos cíclicos siguen las reglas indicadas en lo que antecede pero las cifras se hallan precedidas por la letra C a continuación de la letra R.

Si se tratase de isómeros, se los designará con letras minúsculas, *a,b,c,...* etc., a continuación de la designación general.

Las mezclas azeotrópicas se designan por grupos de tres cifras, de las que la primera es 5 a continuación de la letra R. No hay reglas definidas para la conformación de los otros numerales, salvo el orden de aparición en el mercado.

La tabla 2 es un extracto que para algunos fluidos frigorígenos da la designación, su composición química, denominación y la masa molecular.

### **2.10.1. Propiedades físicas**

Las propiedades físicas más interesantes a considerar son:

**La tensión de vapor.** Es deseable que la relación  $P = f(T)$  sea tal, que la presión de evaporación se mantenga moderadamente reducida pero superior a la presión

atmosférica; que la presión de condensación sea lo más baja posible y que la presión crítica sea netamente superior a la presión de condensación.

Una presión superior a la atmosférica conducirá al ingreso de aire exterior, que es perjudicial para el rendimiento y a menudo al comportamiento del material respecto de la corrosión.

Una presión de condensación muy elevada puede hacer aumentar los costos de producción.

En cuanto a la proximidad de la presión crítica a la de condensación, tiene el inconveniente de complicar la operación y sobre todo de comprometer los rendimientos.

Código cifrado R	Denominación química	Fórmula	Masa molar	Temp. crítica °C	Presión crítica bar abs.	Temp. normal de ebullición °C
704	Helio	He	4,0026	- 267,95	2,29	- 268,95
728	Nitrógeno	N <sub>2</sub>	28,013	- 146,90	33,96	- 195,8
729	Aire	-	28,97	- 140,61	37,67	- 194,3
732	Oxígeno	O <sub>2</sub>	31,9988	- 118,40	50,81	- 182,94
50	Metano	CH <sub>4</sub>	16,04	- 82,50	46,41	- 161,5
14	Tetrafluorometano	CF <sub>4</sub>	88,01	- 45,65	37,44	- 127,94
1150	Etileno	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	28,05	+ 9,3	51,17	- 103,72
170	Etano	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30,07	+ 32,2	48,9	- 88,80
744A	Anhídrido nitroso	N <sub>2</sub> O	44,02	+ 36,5	72,3	- 83,94
13	Clorotrifluorometano	CClF <sub>3</sub>	104,47	+ 28,8	38,7	- 81,44
744	Anhídrido carbónico	CO <sub>2</sub>	44,01	+ 31,0	73,8	- 78,44
13B1	Bromotrifluorometano	CBrF <sub>3</sub>	148,93	+ 67,0	39,65	- 57,75
1270	Propileno	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	42,09	+ 91,8	46,2	- 47,7
290	Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44,10	+ 97,9	42,6	- 42,0
22	Clorodifluorometano	CHClF <sub>2</sub>	86,48	+ 96	49,8	- 40,75
115	Cloropentafluorometano	CClF <sub>2</sub> .CF <sub>3</sub>	154,48	+ 79,9	31,55	- 39,10
717	Amoníaco	NH <sub>3</sub>	17,03	+ 133	114,25	- 33,33
12	Diclorodifluorometano	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	120,93	+ 112	41,16	- 29,8
152a	Difluorometano	CH <sub>2</sub> .CHF <sub>2</sub>	66,05	+ 113,5	44,96	- 25
600a	Isobutano	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,13	+ 135	36,5	- 11,73
142b	Clorodifluorometano	CH <sub>2</sub> .CClF <sub>2</sub>	100,5	+ 138,2	41,23	- 9,8
C318	Octafluorociclobutano	C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	200,04	+ 115,3	27,83	- 5,8
114	Diclorotetrafluorometano	CClF <sub>2</sub> .CClF <sub>2</sub>	170,94	+ 145,7	32,6	+ 3,8
21	Diclorofluorometano	CHCl <sub>2</sub> F	102,92	+ 178,5	51,7	+ 8,8
11	Triclorofluorometano	CCl <sub>3</sub> F	137,38	+ 198,0	44,09	+ 23,8
216	Diclorohexafluoropropano :	C <sub>3</sub> Cl <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	220,93	+ 181,1	27,55	+ 35,7
113	Triclorotrifluorometano	CCl <sub>2</sub> F.CClF <sub>2</sub>	187,39	+ 214,1	34,4	+ 47,6
718	Agua	H <sub>2</sub> O	18,02	+ 374,2	221,2	+ 100
A estos fluidos deben agregarse las tres mezclas azeotrópicas siguientes:						
500	73,8 % R12 +26,2% R152a		99,31	+ 105,5	44,26	- 33,5
502	48,8 %R22 + 51,2%R115		111,63	+ 82,16	40,75	- 45,44
503	59,9 % R13 + 40,1 %R23		87,5	+ 19,50	41,85	- 88,7

Tabla 2. Fluidos frigorígenos.  
Fuente. Tecnología de refrigeración y aire acondicionado-Tomo 1 (2013).

**El calor latente de vaporización.** Un calor latente de vaporización elevado reduce el gasto básico, lo que normalmente conduce a la disminución de secciones y elementos (compresores, tuberías, válvulas, etc.). Sin embargo, este parámetro debe ser considerado asociándolo al volumen másico del vapor para lograr una buena significación.

**La relación de compresión.** Es deseable que sea reducida. En un compresor volumétrico, una relación elevada conduce al aumento de las pérdidas (reduciendo el rendimiento volumétrico) y a temperaturas de descarga más elevadas. En una máquina de flujo continuo, tiene menos importancia por lo mismo que las presiones son débiles, pero en cambio es importante que el exponente adiabático tenga un valor reducido.

**La masa volumétrica.** La masa volumétrica del fluido al estado líquido presenta poca importancia técnica y una débil incidencia sobre los costos. Por el contrario, resulta interesante disponer, en la fase vapor, una masa volumétrica elevada que tiende a reducir el volumen residual de las máquinas volumétricas y facilita la compresión en las máquinas de flujo continuo.

**El calor másico** elevado del vapor es favorable para reducir los perjuicios originados por los calentamientos parásitos en la aspiración que tienden a reducir la potencia de las máquinas.

En el estado condensado, el calor másico debe ser reducido y sobre todo la relación del calor másico del líquido al calor latente de vaporización, debe ser a fin de reducir el porcentaje de fluido vaporizado en la expansión, cuyo único objeto es enfriar la fracción del fluido que se destinará a la producción útil de frío.

Principalmente es importante que la relación de calores másicos y el exponente adiabático sean reducidos. Esto contribuirá, a igualdad de otras situaciones, a reducir la temperatura de descarga. Si esta última fuera elevada tenderá a

reducirse el rendimiento de las máquinas volumétricas y además sobrevendrán dificultades de orden mecánico. Este tipo de máquinas son de mejor puesta en marcha, cuanto más reducido sea el exponente adiabático que condiciona el trabajo de compresión. Un valor reducido del exponente puede llevar a reducir el número de etapas de compresión para un servicio dado.

**La viscosidad.** Una viscosidad elevada presenta inconvenientes: pérdidas de carga elevadas, transmisión de calor menos favorable (ya que se excluye la condensación en gotas).

**La tensión superficial** Es la tensión superficial del líquido así como de la viscosidad la que excluye la condensación en gotas. Una tensión superficial reducida tiende también a disminuir la tensión superficial de los aceites lubricantes (cuando existe miscibilidad) y reducir así la propiedad de los aceites de hermetizar las porosidades reducidas de los materiales de fundición.

**La conductibilidad térmica.** La conductibilidad térmica del líquido, así como la del vapor, deben ser elevadas, mejorándose de este modo las condiciones de la transmisión del calor.

**La rigidez dieléctrica.** Debe ser elevada en el caso de fluidos utilizados en circuitos integrados para evitar los riesgos de formación de arcos entre conductores.

**La velocidad del sonido.** Es deseable que sea elevada ya que permitirá adoptar velocidades de circulación relativamente elevadas, reduciéndose así las secciones de pasaje este es un factor importante para las máquinas de flujo continuo y será analizado cuando se trate del estudio de este tipo de máquinas.

## 2.10.2. Propiedades químicas

En forma general, las propiedades químicas deben ser tales que en condiciones normales de utilización, es decir, en presencia de aceite y también de pequeñas cantidades de agua (difícil de eliminar por completo) no se produzcan degradaciones en los materiales de construcción empleados. Ello implica una gran estabilidad química del fluido.

**Comportamiento de los metales.** Los fluidos frigorígenos, generalmente no ejercen acciones corrosivas importantes sobre los metales comunes, inclusive en presencia de aceite y humedad. Sin embargo, en condiciones severas y principalmente a temperaturas elevadas puede resultar diferente. Sobre todo, los fluidos clorofluorados presentan tendencia a descomponerse y los metales siempre juegan un cierto papel de catalizadores. La actividad catalizadora depende de la naturaleza de los metales. En orden decreciente de acción se encuentran:

- las aleaciones con un fuerte tenor en níquel y cromo (ej. inconel)
- los aceros inoxidable del tipo 18-8
- el níquel
- el cobre
- el acero
- el aluminio
- el bronce
- el latón
- el zinc
- la plata

Las prohibiciones absolutas son:

- El cobre y sus aleaciones en presencia del amoníaco. No obstante, en los

compresores se utilizan bronces para los cojinetes de pie de biela y de los ejes de bombas de aceite, ya que la película de aceite juega un papel de protección eficaz.

- El magnesio, el zinc, el plomo y las aleaciones de aluminio con más del 2% de magnesio, en presencia de fluidos halogenados.
- El aluminio en todas formas, en presencia de cloruro de metilo que se descompone con formación de mezclas explosivas.

Con el anhídrido sulfuroso, todo vestigio de agua provoca la formación de ácido sulfúrico que rápidamente ataca los metales ferrosos y también pero menos vivamente los otros metales.

**Comportamiento de elastómeros y plásticos.** Son raros los materiales de estos tipos que tienen un comportamiento satisfactorio en presencia de todos los fluidos frigorígenos. Los fluidos halogenados producen hinchazones y a veces los degradan completamente. En presencia de aceite lubricante, la degradación puede ser más importante que con el fluido o el aceite aisladamente.

El material que presenta un comportamiento menos sensible a la acción del fluido es el PTFE (Teflón) o poli tetrafluoretileno.

Es necesario un examen específico para decidir a qué atenerse con cada material.

**Comportamiento con los aceites lubricantes.** El comportamiento de los fluidos frigorígenos respecto de los lubricantes merece una atención particular. Pueden presentarse dos situaciones diferentes, según haya o no miscibilidad.

Una ausencia completa de miscibilidad no existe en la práctica. Sin embargo, el

amoníaco, por ejemplo, es muy poco miscible con los lubricantes y en consecuencia no se modifican prácticamente sus propiedades fundamentales como las de lubricación, aparte de la acción de la temperatura sobre la viscosidad.

Por el contrario, los fluidos halogenados tienen una reacción bastante característica con los lubricantes. Algunos son completamente miscibles, otros no tanto, y otros presentan zonas de inmiscibilidad. El proceso de disolución no es térmicamente neutro.

**Comportamiento con el agua.** El amoníaco y el agua presentan una gran afinidad entre sí y ello constituye la razón de su empleo en las máquinas de absorción. Los dos elementos son miscibles en cualquier proporción en todas las condiciones de presión y temperatura. El punto de congelación es muy bajo. Desafortunadamente, la presencia de agua en los circuitos de refrigeración a amoníaco no se descubre a tiempo, ya sea por una deficiente deshidratación o secado previos a la puesta en marcha de los equipos o instalaciones, por el ingreso de aire húmedo en zonas de vacío, por recargas de fluido frigorígeno o por fallas de hermeticidad si la presión desciende por debajo de la presión atmosférica.

El examen de los diagramas de Merkel de estas mezclas, muestra que para concentraciones débiles (menores al 2 ó 3% en masa) las «performances» son poco afectadas, pero si aumenta el contenido de agua, la presión de evaporación, para una temperatura dada, baja; y la presión de condensación, aumentan. En estos casos, los compresores funcionan en condiciones de potencia reducida y con menores rendimientos energéticos.

Además, las soluciones acuosas de amoníaco no son agresivas con los metales permitidos. Ello no implica que no deba tratarse el circuito previamente a la carga del fluido frigorígeno, eliminando los vestigios de agua que pudieran contener.

La solubilidad del agua en los otros fluidos frigorígenos es siempre muy limitada.

La solubilidad en la fase líquida se expresa en ppm y varía según la naturaleza del fluido. Por ejemplo, a +30 °C, el R12 absorbe alrededor de 110 ppm, mientras que el R22 se satura a 1.260 ppm. A -40 °C el R12 contiene todavía 1,7 ppm de agua y el R22 conserva 120 ppm. La ley de solubilidad en función de la temperatura tiene una forma exponencial, pero no es la misma para todos los fluidos. Además del riesgo de congelación a bajas temperaturas que existe en los fluidos a base de hidratos de carbono, la presencia de agua en los fluidos halogenados aumenta los peligros de corrosión y degradación de los metales.

Si se trata de hidrocarburos saturados o no, la corrosión por el agua es directa. Por el contrario, los fluidos halogenados son hidrolizables, siendo los parámetros importantes la temperatura, la luz y la acción catalítica de los metales. Los derivados saturados son más estables, lo mismo que aquellos que contienen flúor en vez de cloro... la hidrólisis implica la formación de ácidos (sobre todo clorhídrico, aunque también fluorhídrico) que son los responsables de la corrosión y la transferencia del cobre (copperplating). En realidad, los fenómenos son muy complejos y no son los mismos, según que el lubricante se halle o no presente y, además, según su naturaleza. Un hecho relativo es la constatación que el tenor de agua peligroso para la corrosión es inferior al contenido que implican los problemas de congelación y bloqueo de los elementos de expansión que en consecuencia advierten eficazmente del problema. De esta complejidad presente, resulta que no pueden formularse recomendaciones precisas sobre el contenido de humedad límite en los circuitos frigoríficos. La experiencia demuestra que los valores tolerables son en ppm (partes por millón) de masas:

- **R12**            10 ppm para congelación  
                      20 ppm para acondicionamiento de aire
- **R22**            50 a 100 ppm en congelación  
                      50 a 200 ppm en acondicionamiento de aire

- **R502**      25 ppm en congelación

Debe advertirse que la posible formación de hidratos gelatinosos ha sido denunciada para ciertos hidrocarburos, principalmente para el propano. El fenómeno es posible igualmente con el cloruro de metilo y el R12. Estos hidratos pueden ser todavía más molestos que la formación de hielo en los elementos de expansión, ya que son muy adhesivos. Se forman a temperaturas positivas.

**Estabilidad química en general.** En todos los campos de temperatura y presión considerados, un fluido frigorígeno debe ser químicamente estable, es decir, no debe verse sometido a disociaciones ni polimerizaciones. Debe ser, cuando sea posible, químicamente inerte, como se ha visto.

El peligro de disociación se presenta a altas temperaturas y es reforzado por la presencia de oxígeno (aire exterior infiltrado) del lubricante y de los metales catalíticos. Resulta que el peligro es más elevado en las válvulas de descarga de los compresores a pistón, cuanto mayores sean la relación de compresión y el exponente adiabático. También por esta razón resulta perjudicial la presencia de gases incondensables.

Existe un número de fluidos que han dejado de usarse, salvo aplicaciones específicas, como la licuación; el cloruro de metilo que se descompone a 425 °C al estado puro y a los 200 °C en presencia de metales; y el anhídrido sulfuroso, estable a 110 °C en forma pura, pero que se descompone a 100 °C en presencia de hierro para liberar anhídrido sulfúrico y azufre y que son delicados en su empleo.

Si el amoníaco puro en medios inertes sólo se descompone a partir de los 200 °C, la disociación que libera nitrógeno e hidrógeno se inicia desde los 110 a 120 °C en presencia de agua y hierro. Lo que antecede está confirmado en la operación

de las máquinas de absorción a amoníaco y destaca la necesidad, ya expresada anteriormente, de un buen deshidratado de los circuitos a compresión de amoníaco. El níquel, que desempeña un papel de catalizador particularmente activo, debe ser evitado en las instalaciones de amoníaco.

Los hidrocarburos saturados son estables al estado puro; sin embargo, la presencia de oxígeno es muy perjudicial, apareciendo un problema de seguridad que ya fue comentado. En cuanto al anhídrido carbónico, se trata de uno de los fluidos más estables, disociándose a partir de los 150 °C.

Los fluidos halogenados se descomponen a temperaturas elevadas que normalmente no se encuentran en los circuitos frigoríficos (salvo el caso de la formación de arcos en los conductores eléctricos dentro de los compresores herméticos). Por ejemplo, el R12 se descompone hacia los 540 °C, excluida la presencia de metales y la disociación se completa a 760 °C. Sin embargo, en presencia de cobre, la disociación se inicia a los 415 °C.

El peligro de la polimerización es inexistente con los fluidos que se utilizan comúnmente. Sólo se presenta en los hidrocarburos no saturados. Sin embargo, es prácticamente inexistente en el etileno. En cambio, se presenta con el propileno y el butadieno. Para reducir riesgos, es conveniente evitar el empleo de aluminio en la construcción (los pistones en aleaciones ligeras no son convenientes en los compresores de pistón no lubricados).

### **2.10.3. Propiedades fisiológicas**

Las propiedades fisiológicas deben enfocarse desde tres aspectos diferentes, que se refieren respectivamente a la toxicidad directa por contacto o inhalación en el hombre y animales, a la indirecta por la alteración de productos expuestos al contacto con los fluidos y a la polución o contaminación ambiental a corto y largo plazo. Si la toxicidad directa es objeto de reglamentaciones y normas (que evolu-

cionan en la medida que se adquieren mayores conocimientos y que por esta razón no serán detalladas aquí), la indirecta está menos reglamentada y la cuestión es prácticamente campo virgen si se refiere a la polución.

Existe un trabajo básico de referencia que prácticamente se utiliza en forma universal y que ha sido codificado por la institución americana «UNDERWRITERS Laboratories Inc.» por ensayos realizados sobre cobayas. Los fluidos han sido clasificados en 6 grupos de toxicidad decreciente. El grupo 5 se halla dividido en 2 subgrupos y entre los grupos 4 y 5 existe un intergrupo de 3 fluidos. Las características generales son las siguientes:

**Grupo 1:** Cinco minutos de exposición en un ambiente de 0,5 a 1% en volumen de gas o vapor, provoca la muerte o graves lesiones; caso típico: anhídrido sulfuroso.

**Grupo 2:** Treinta minutos de exposición a las mismas concentraciones del caso 1, provocan los mismos efectos. Se encuentran en este grupo el amoníaco y el bromuro de metilo.

**Grupo 3:** Sesenta minutos de exposición a una concentración de 2 a 2,5% en volumen, provocan la muerte o graves lesiones, casos de tetracloruro de carbono, cloroformo y formiato de etilo.

**Grupo 4:** Ciento veinte minutos de exposición a una concentración del 2 al 2,5% provocan la muerte o graves lesiones; ejemplos: dicloroetileno, cloruro de metilo y bromuro de etilo.

**Grupo 5 a:** Gases o vapores menos tóxicos que los del grupo 4, pero más tóxicos que los del grupo 6; como ejemplos se tiene: R11, R12 y anhídrido carbónico.

**Grupo 5 b:** Gases o vapores que según los datos conocidos puede ser clasificados en los grupos 5 ó en el 6; ejemplo: hidrocarburos saturados.

**Grupo 6:** Gases o vapores que a la concentración de al menos 20% en volumen, en ciento veinte minutos no producen lesiones aparentes algunas.

Entre los grupos 4 y 5 se encuentran:

Por una parte, el cloruro de metileno y el cloruro de tilo, que son un poco menos tóxicos que los del grupo 4.

Por otra parte, el R113 mucho menos tóxico que los fluidos del grupo 4, pero ligeramente más tóxicos que los del grupo 5.

En la práctica conviene referirse a la reglamentación en vigor en el lugar en que se instalarán los equipos.

La Norma NFE 35.400 combina las consideraciones sobre toxicidad y explosividad en solamente tres grupos:

**Grupo 1:** Fluidos ininflamables de toxicidad nula o mínima. En este grupo se encuentran la mayor parte de los fluidos halogenados y el anhídrido carbónico. El tenor volumétrico límite es del 10%, salvo para el anhídrido carbónico (5%), y el R21 y el R113 (2,5%).

**Grupo 2:** Fluidos en que la toxicidad es la característica dominante. Algunos fluidos de este grupo son inflamables y explosivos, con un límite inferior de inflamabilidad igual o superior al 35% en volumen. Corresponde a prácticamente todos los demás fluidos incluyendo el amoníaco, salvo los hidrocarburos.

**Grupo 3:** Fluidos en que la característica principal es la inflamabilidad y riesgos de explosión a concentraciones inferiores al 3,5% en volumen.

Generalmente no son tóxicos. Los hidrocarburos son los principales fluidos correspondientes a este grupo.

#### **2.10.4. Propiedades termodinámicas**

Excluidas las características físicas de los fluidos, los valores termodinámicos tienen una significación particular para sus aplicaciones frigoríficas, ya sea por la producción frigorífica volumétrica en la aspiración ( $\text{KJ/m}^3$ ) y por la producción frigorífica específica ( $\text{KJ/kWh}$ ). La primera condiciona la dimensión relativa de las máquinas de compresión y la segunda el comportamiento o rendimiento energético.

La primera contribuye principalmente al costo inicial de las máquinas y la segunda determina directamente uno de los aspectos más importantes de los costos de explotación.

La tabla 3 resume, a la vez, las propiedades físicas y las termodinámicas de un número apreciable de fluidos.

Además, las observaciones que figuran en las notas anexas y los comentarios siguientes se agregan a las propiedades termodinámicas.

Fluido R(l)	$P_o$ bar	$P_c$ bar	$h = P_c/P_o$	kJ/kg	kJ/m <sup>3</sup>	kJ/kWh	e (2)	Temp. ref. a °C
170	16,77	48,10	2,86	136,13	4.091,4	8.690,1	2,41	+ 50
744A	21,98	66,71	3,03	197,91	11.281,3	12.955,7	3,6	
744	23,63	74,45	3,15	128,93	7.756,66	9.221,75	2,56	66,1
13B1	5,52	18,61	3,36	68,06	2.831,41	16 4 76,1	4,25	51,1
1270	3,65	12,91	3,51	401,94	2457,6	16.224,94	4,51	42,2
502	3,49	13,08	3,75	105,37	2.046,02	12.704,86	3,53	44,3
290	2,95	11,02	3,70	281,09	1.820,91	16 4 76,1	4,25	36,1
22	3,03	12,4	4,06	160,99	2.068,3	16.785,86	4,66	55,0
115	2,671	10,38	3,886	67,70	1.406,86	14472,0	4,02	30,0
717	2,41	11,00	4,94	1.102,17	2.164,6	17.162,6	4,76	98,9
500	2,182	9,09	4,12	141,95	1.498,17	16.605,86	4,61	40,6
12	1,85	7,652	4,07	118,71	1.280,92	16.936,56	4,70	37,8
152a	1,527	6,92	4,53	58,59	1.209,40	16.533,4	4,592	-45,5
600a	0,931	4,204	4,54	259,03	647,57	15.672,40	4,36	30
142b	0,821	3,94	4,80	144,90	578,10	15.920,0	4,43	34
C318	0,682	3,676	5,39	71,97	475,71			
114	0,483	2,58	5,42	100,13	378,21	16.723,07	4,64	30
21	0,375	2,188	5,96	207,7	364,4 7	17.999,8	5,05	61,1
11	0,206	1,269	6,24	156,8	205,11	18.309,56	5,09	43,9
113	0,0709	0,56	8,02	124,74	74,30	17.677,48	4,92	30

Tabla 3. Propiedades termodinámicas de los fluidos frigorígenos.  
Fuente. Tecnología de refrigeración y aire acondicionado-Tomo 1 (2013).

1) Si los fluidos que figuran en la tabla 2 no figuran en esta tabla, se debe a que la temperatura crítica es inferior a +30 °C o la temperatura de -15 °C es demasiado baja (caso del agua).

2) El valor de  $e_c$  es de 5,73666.

Los valores indicados en la tabla se basan en la elección de un par de temperaturas de saturación (-15 y + 30 °C) que son las seleccionadas por las normas de calificación de materiales. Se hallan calculadas para un fluido aspirado al estado saturado seco y condensado sin experimentar ningún subenfriamiento. Ahora

bien, las condiciones reales de explotación pueden ser diferentes, no sólo porque las temperaturas no coinciden con las elegidas para la tabla, sino que también se podrá disponer de subenfriamiento en la condensación y/o sobrecalentamiento en los vapores aspirados. El sobrecalentamiento podrá ser tenido en cuenta o no.

Estando definidas las condiciones reales que pueden no ser estrictamente las mismas para todos los fluidos comparados teniendo en cuenta sus particularidades, convendrá determinar una tabla adaptada a esas condiciones.

Para ilustrar lo precedente, tomemos un ejemplo simple que consiste en comparar tres fluidos: amoníaco, R12 y R22 en régimen (- 20 °C y + 30 °C) sin subenfriamiento pero con un sobrecalentamiento en la aspiración hasta +15 °C. Los resultados se resumen en la tabla siguiente 4.

Sobre calentamiento	Sin			Con		
	R12	R22	NH3	R12	R22	NH3
Fluido	R12	R22	NH3	R12	R22	NH3
kJ/m <sup>3</sup>	1049	1708,2	1756,15	1073,3	1657,5	1619
kJ/kWh	14.085	14.714,4	14.871	14.718	13.756	13.495
12 °C	40,5	59	108	77,5	103	>160

Tabla 4. Comparación de Fluidos  
Fuente. Tecnología de refrigeración y aire acondicionado-Tomo 1 (2013).

Esta tabla muestra claramente una conclusión que no aparece en la lectura de la tabla 3: el sobrecalentamiento del vapor aspirado, sí puede ser determinado o valorizado es ventajoso para el R12, no así para el amoníaco y el R22.

En el caso del amoníaco, se encuentra que la temperatura de descarga es tan elevada que por razones mecánicas ese sobrecalentamiento es inaceptable.

En el caso de zonas de temperaturas de evaporación más bajas se llega a

conclusiones análogas con el R13 B 1 por comparación a otros fluidos utilizables en esas zonas.

Si se presenta un sobrecalentamiento parásito, es decir, no determinado, hasta + 15 °C, los valores de la tabla 4 llegan a los de la tabla 5 que ilustran claramente el carácter nefasto del sobrecalentamiento parásito.

La compresión en etapas presenta ciertas ventajas cuando la relación de compresión supera ciertos valores.

Fluido	R12	R22	NH3
kJ/m <sup>3</sup>	907,2	1.442,6	1.506,4
kJ/kWh	12.436	11.972	12.558

Tabla 5. Valores de sobrecalentamiento  
Fuente. Tecnología de refrigeración y aire acondicionado-Tomo 1 (2013).

La tabla 6 resume los resultados que se obtienen en ciclos teóricos a amoníaco para una temperatura de evaporación de -40 °C, una temperatura media de -10 °C y una de condensación de +- 30 °C en los tres casos por comparación con el ciclo simple (irrealizable debido a la alta temperatura de descarga). Muestra claramente la ventaja del ciclo  $x$  que permite obtener un rendimiento energético global del orden del 85 % de la del ciclo de Carnot dispuesto sobre las temperaturas extremas.

Aun sobre un ciclo real, la ganancia de la última columna en porcentaje se conserva y hasta puede ser mejorada.

Ciclo	t1 °C	t22 °C	t3 °C	t4 °C	kJ/m <sup>3</sup> PB	kJ/kWh	ganancia %
Simple				165	689,09	8.879	base
4.20 a	50	30	140		689,09	9.298,2	4,7
4.20 b	50	41	153		807,75	9.712,1	9,4
4.20 c	50	- 10	88,1		807,75	10.224,4	15,15

Tabla 6. Performances de un ciclo a amoníaco en dos etapas.  
Fuente. Tecnología de refrigeración y aire acondicionado-Tomo 1 (2013).

La tabla 7 permite establecer una comparación referida al ciclo, entre el amoníaco y tres otros fluidos comúnmente utilizados con temperaturas de evaporación del orden de -40 °C.

Resulta interesante observar que en relación a la tabla 5.2 (ciclo a -15 °C/+ 30 °C) la diferencia de «performances» energéticas en kJ/kWh se reduce del 2% aproximado a solamente el 1% y además que el rendimiento por unidad de volumen de vapor se invierte a favor del R22 y el del R12 se aproxima.

Fluido	t1 °C	t3 °C	t4 °C	kJ/m <sup>3</sup> BP	kJ/kWh
R717	50	88,1	165	807,75	10.224,4
R12	+ 0,7	36,8	47,7	590,35	10.135,15
R22	+ 14,3	52,2	76,0	970,90	10.132,95
R502	- 0,6	32,2	46,6	1.085,90	9.826,7

Tabla 7. Comparación entre fluidos sobre un ciclo.  
Fuente. Tecnología de refrigeración y aire acondicionado-Tomo 1 (2013).

Las tablas 3, 6 y 7, no han tenido en cuenta modificaciones como las de subenfriamiento del líquido y sobrecalentamiento del vapor que deben ser evaluadas en cada caso particular.

Cuando se estudien los compresores a flujo continuo, se verá la importancia de otro parámetro termodinámico, que es la relación de la diferencia de entalpías de la compresión con el cuadrado de la velocidad del sonido, relación que carece de significado para las máquinas volumétricas.

### **2.11. Equilibrio de funcionamiento**

Frecuentemente, en los contratos comerciales, los compresores se definen haciendo referencia a condiciones elementales de funcionamiento que comprenden los convenios entre partes. Se precisan velocidades de rotación y un par de temperaturas, de condensación y evaporación (eventualmente complementadas con temperaturas de sobrecalentamiento en la aspiración y de subenfriamiento en la condensación), potencias frigoríficas en bridas y se acompaña la potencia mecánica absorbida en el eje de la máquina.

Sin embargo, la potencia contractual así definida no es satisfactoria en el caso de un conjunto complejo, en donde el usuario se interesa únicamente por la potencia realmente disponible en el lugar donde se halla instalado. Hay entonces un primer problema de adaptación para pasar de las bridas de acoplamiento del compresor a otras más difíciles de definir de formas simples y unívocas.

Por otro lado, las condiciones de base implicadas en la definición de potencias raramente se logran. La regla consiste en grandes variaciones de parámetros y conviene que los equipos desempeñen correctamente su papel, teniendo en cuenta esas variaciones. La importancia de la noción de potencia pasa a un segundo lugar.

El ingeniero proyectista o el usuario se halla en consecuencia enfrentado a dos problemas de adaptación de diferente naturaleza. En el primer caso, se trata de respetar una potencia a pesar de la distorsión de las condiciones de base; en el segundo, que es complementario e inseparable, se trata de garantizar una buena

marcha desde el punto de vista mecánico con flexibilidad de los términos de la performance termodinámica.

### **2.11.1. Garantía de rendimiento**

En los equipamientos simples tales como los grupos compactos de enfriamiento de agua o de soluciones acuosas, la distorsión entre las condiciones en bridas del compresor y las de conexión del agua enfriada es muy débil. Estas distorsiones pueden ser considerables en el caso de equipamientos industriales montados «in situ» por medio de cañerías y otros elementos de conexión que se desarrollan sobre centenares de metros.

En todos los casos, esto se traducirá por presiones y temperaturas diferentes de las que se encontrarían si no existiesen las cañerías y accesorios.

La solución consiste en prever en el estado inicial de proyecto una adecuada consideración de las pérdidas de carga e intercambios de calor (sobrecalentamiento de las líneas de aspiración). Si esto no se hubiera hecho ¿qué remedios podrían aportarse? En general, no puede ser cuestión de aumentar la velocidad de rotación, que no consistiría en una solución satisfactoria ya que si pudiera llegarse a la potencia frigorífica, la relación de la potencia frigorífica a la absorbida no será tan buena. El aumento de las superficies de intercambio podría ser en ciertos casos una medida técnicamente adecuada, si la distorsión es suficientemente moderada, pero en todos los casos es extremadamente onerosa.

La única respuesta verdadera reside en el intercalado de dispositivos que permitan, si ello es posible, el subenfriamiento del condensado.

El método, sin embargo, alcanza rápidamente sus límites como lo demostrará el siguiente ejemplo; sea un equipo con compresor a pistón, a amoníaco, previsto

para funcionar a  $-15\text{ °C}$  en la evaporación y  $+30\text{ °C}$  como temperatura de condensación.

En estas condiciones, los rendimientos son:

- Una producción frigorífica de  $2.167,09\text{ kJ}$  por  $\text{m}^3$  de vapor aspirado.
- Un consumo de energía de  $0,1263\text{ kWh}$  por  $\text{m}^3$ .

Admitamos que por errores de apreciación, la evaporación se cumple a  $-17,5\text{ °C}$  en lugar de  $-15\text{ °C}$  y los valores indicados se convertirán en  $1.953,15\text{ kJ/m}^3$  y  $0,1291\text{ kWh/m}^3$  con lo que aparecerá un déficit del orden del 10% sobre la potencia útil frigorífica y, en cambio, un aumento despreciable de la potencia absorbida. Será suficiente compensar el déficit del 10% para llegar a las condiciones previstas. Esto no resulta posible sin gasto de energía, si el líquido condensado debe ser enfriado de  $30\text{ °C}$  a  $+3$  ó  $4\text{ °C}$ . Quizá podría enfriarse a  $20\text{ °C}$  el líquido con agua de pozo a caudales moderados, pero solo se ganaría un 4,5% de la pérdida de potencia, no llegando a la mitad de la diferencia real.

Puede apreciarse las dificultades que cabe encontrar con errores de esta naturaleza. En realidad, es difícil llegar a un error de apreciación mayor de 1 K sobre la temperatura de saturación correspondiente a la presión real de aspiración, tanto más si los errores en la apreciación de las entradas de calor, que aumentan el sobrecalentamiento, tienen efectos acumulativos.

### **2.11.2. Flexibilidad de adaptación de las máquinas**

Como ya ha quedado establecido, repetimos que existe un gran interés en los equipos frigoríficos, a dejar evolucionar la presión de condensación libremente hacia niveles de temperatura lo más bajos, compatibles con las de los medios de enfriamiento disponibles.

Los equipamientos destinados a acondicionamiento de aire de confort pueden no ser definidos con referencia a las temperaturas máximas de condensación a las que podrán enfrentarse teniendo en cuenta la latitud admisible de precisión de las temperaturas de confort. En cambio, si se trata de acondicionamiento de aire en procesos o de refrigeración industrial, las temperaturas de referencia son muy próximas a las máximas locales y en consecuencia las adaptaciones hacia las altas temperaturas no implican dificultades, salvo casos excepcionales.

Los problemas provenientes del mantenimiento de la marcha adecuada a cargas parciales, muy a menudo pero no siempre se hallan en correlación directa con las condiciones climáticas exteriores. Las cargas más pequeñas van asociadas con las temperaturas de condensación más bajas.

Para analizar bien lo que ocurre en los diferentes casos, conviene recordar, en las comparaciones, los comportamientos relativos de los diferentes tipos de compresores frigoríficos. La figura 10 es un ejemplo en el que la ordenada se halla graduada en porcentajes de la altura de compresión, que en un fluido puede evaluarse en términos de la diferencia de las temperaturas de condensación y evaporación y las abscisas en porcentaje de la potencia frigorífica; la diferencia al punto nominal P toma el valor de referencia. Las otras curvas paralelas son representativas de condiciones a temperaturas diferentes.

Por el punto P pasan tres curvas A, B y C que son características típicas por sus conformaciones de compresores centrífugos, helicoidales y a pistón, utilizadas corrientemente en la técnica frigorífica.

Se aprecia que los compresores a pistón se sitúan entre los otros dos tipos; los compresores helicoidales se muestran poco sensibles a las variaciones de la presión de condensación, mientras que los compresores centrífugos en el límite (proximidad al punto de bombeo) lo serán mucho.

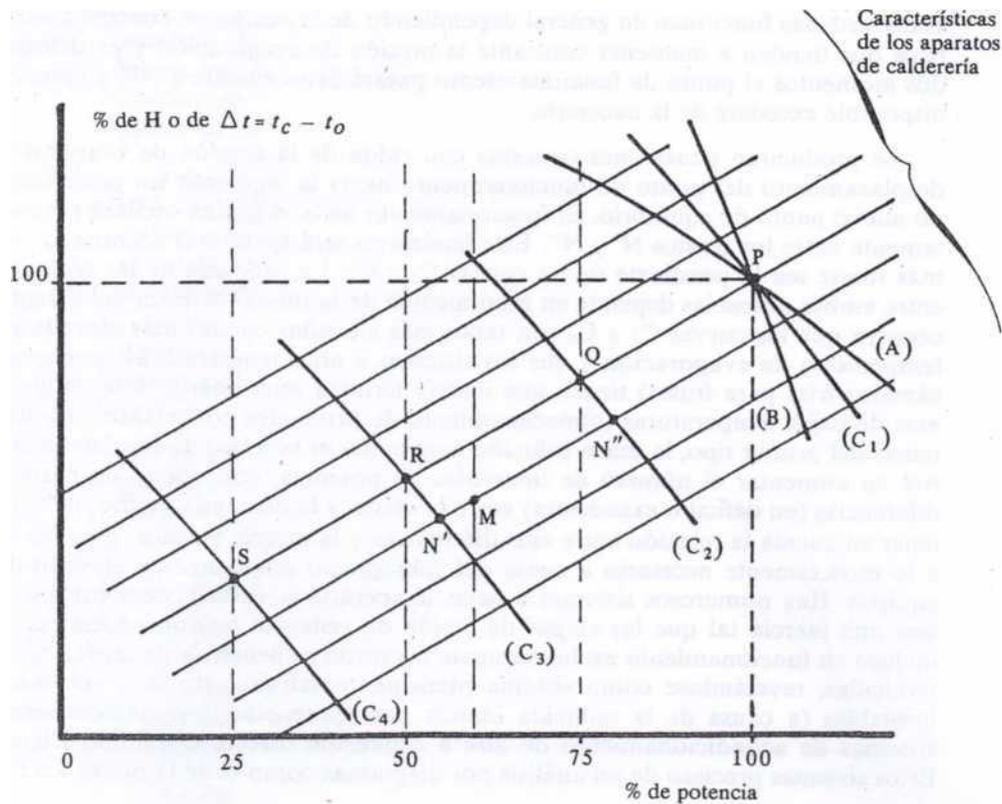


Figura 10. Esquema de un estudio de equilibrio de un grupo completo.  
Fuente. Tecnología de refrigeración y aire acondicionado-Tomo 1 (2013).

Estos sistemas funcionan en general dependiendo de la acción de controles automáticos que tienden a mantener constante la presión de evaporación y en determinados momentos el punto de funcionamiento pasará bruscamente a N", y la potencia disponible excederá de la necesaria.

Se producirán situaciones opuestas con caída de la presión de evaporación y desplazamiento del punto de funcionamiento hacia la izquierda sin posibilidad de un nuevo punto de equilibrio. El funcionamiento de la máquina oscilará permanentemente entre los puntos N' y N". Este fenómeno será tanto más acentuado cuanto más fuerte sea la pendiente de las curvas Ci a C4. La cadencia de las oscilaciones entre ambas potencias depende en gran medida de la inercia térmica del sistema. Se observa que las curvas Ci a C4 son tanto más elevadas cuanto más elevada sea la temperatura de evaporación y que los sistemas a altas temperaturas (por ejemplo: cámaras frías para frutas) tienen una inercia térmica muy inferior a la de los sistemas de bajas temperaturas (almacenamiento de productos congelados). En los sistemas del primer tipo, la única solución para

evitar el bombeo de regulación consistirá en aumentar el número de intervalos de potencia, con objeto de reducir las diferencias (en déficit o excedentes) entre la oferta y la demanda de frío, debiéndose tener en cuenta la relación entre esas diferencias y la inercia térmica, para limitarlas a lo estrictamente necesario a causa del sobrepeso relativamente elevado de los equipos.

Hay numerosos sistemas a bajas temperaturas, (almacenamiento) que tienen una inercia tal que las etapas de cesión de potencia no son necesarias y que incluso en funcionamiento exclusivamente nocturno se beneficia de tarifas eléctricas reducidas, revelándose como sistema plenamente satisfactorio. Los sistemas más inestables (a causa de la reducida inercia para potencias importantes) serán los sistemas de acondicionamiento de aire a expansión directa del fluido frigorífico.

## **2.12. El laboratorio, reglas y normas**

En el presente, se resumen las normas básicas de trabajo en el laboratorio con especial referencia a los aspectos organizativos relacionados directamente con la política de prevención y protección de riesgos.

### **2.12.1. Organización General**

La organización y el confort ambiental del laboratorio debe permitir la correcta gestión de la prevención. Partiendo del propio compromiso de la dirección, el laboratorio debe estar adecuadamente jerarquizado para que la aplicación del principio de la seguridad en línea se pueda establecer sin problemas.

Es fundamental, en primer lugar, el control del cumplimiento de las normativas establecidas, no sólo las directamente relacionadas con la prevención de riesgos laborales sino también de los reglamentos de seguridad industrial, sin perder de vista las abundantes normativas de carácter local existentes.

También las inspecciones de seguridad, realizadas de manera periódica por personal interno y externo al laboratorio, son especialmente útiles para la detección de factores de riesgo.

Las NTP (guías de buenas prácticas), no son obligatorias salvo que estén recogidas en una disposición normativa vigente. A efectos de valorar la pertinencia de las recomendaciones contenidas en una NTP concreta es conveniente tener en cuenta su fecha de edición.

### ***Responsabilidad del director el laboratorio***

Aunque el laboratorio disponga del comité de salud y seguridad, de un servicio de prevención, etc., es responsabilidad del director del mismo el desarrollo de la gestión de prevención de riesgos, debiendo tenerse en cuenta lo dispuesto al respecto por la *Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y el Reglamento de los Servicios de Prevención (RD 39/1997)*, tanto en lo que afecta a los trabajadores de plantilla del laboratorio, como para aquellos externos que desarrollen sus actividades en el mismo de manera esporádica, temporal o fija.

#### **2.12.2. Dos normas básicas**

##### ***Iluminación de seguridad y señalización***

La iluminación de seguridad y señalización son aspectos importantes en caso de emergencia.

En el R.D. 486/1997, Reglamento de Lugares de trabajo, recoge lo siguiente: "en caso de avería de la iluminación, las vías y salidas de evacuación deberán estar equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad", "los lugares de trabajo, o parte de los mismos, en los que un fallo del alumbrado normal suponga un riesgo para la seguridad de los trabajadores dispondrán de un alumbrado de emergencia de evacuación y seguridad".

### ***Alumbrado de emergencia***

Debe ser una instalación fija, provista de su propia fuente de energía, poniéndose en funcionamiento cuando ocurra un fallo en la alimentación de la instalación del alumbrado normal.

### ***Señalización***

Es preceptivo señalar los recorridos de evacuación, salidas de emergencia, equipos de protección contra incendios, equipos de alarma y equipos de primeros auxilios.

## **2.13. Instalaciones en los laboratorios**

### **2.13.1. Instalaciones de gases**

En los laboratorios se suelen utilizar gases a presión suministrados a través de una instalación fija o directamente de la botella (bombona). En ambos casos hay que tener en cuenta determinadas precauciones y disponer de un protocolo de utilización.

- **Gases combustibles**
- **Gases industriales**
- **Gases criogénicos**

### **2.13.2. Instalación eléctrica**

La instalación eléctrica en el laboratorio debe estar diseñada en el proyecto de obra de acuerdo con el Reglamento electrotécnico de Baja Tensión, en función del tipo de instrumental utilizado y teniendo en cuenta las futuras necesidades del laboratorio.

Los conductores deben estar protegidos a lo largo de su recorrido y su sección debe ser suficiente para evitar caídas de tensión y calentamientos. Las tomas de corriente para usos generales deben estar en número suficiente y convenientemente distribuidas con el fin de evitar instalaciones provisionales.

### **2.13.3. Instalaciones de aire comprimido**

En los laboratorios se utilizan muchas máquinas, herramientas que están conectadas a una red de aire comprimido.

### **2.13.4. Ventilación en el laboratorio**

Para lograr un entorno de trabajo saludable es importante tener en cuenta los sistemas de control de contaminantes y un sistema de refrigeración. El objetivo

del control de contaminantes es evitar la presencia de agentes tóxicos y nocivos en el ambiente de trabajo, controlando la correcta evacuación y expulsión de estos agentes; el objetivo del sistema de refrigeración es brindar un ambiente fresco o cálido dependiendo de las necesidades del trabajador.

- **Sistema de refrigeración:** Se pueden instalar diferentes tipos de sistemas de refrigeración o climatización, teniendo en cuentas los parámetros establecidos en algunas normas internacionales y aplicables a diferentes países. Los cálculos a realizarse para colocar un sistema de refrigeración serán siempre considerando las variables del lugar y la infraestructura donde se realizara el trabajo.
  
- **Extracción localizada:** Se pueden definir como dispositivos mecánicos cuya finalidad es captar los contaminantes liberados en un foco antes de que se dispersen en el ambiente de trabajo. Los dos ejemplos de aplicación más frecuente en el laboratorio lo constituyen: la vitrina extractora de gases y las campanas.
  
- **Vitrinas:** es un encerramiento al cual se le aplica un sistema de extracción localizada. Consta de una zona de trabajo, un sistema extractor, conductos y abertura por la que penetra en el recinto el aire necesario para arrastrar los contaminantes.
  
- **Campanas:** es un sistema de extracción localizada al foco contaminante. Es importante que la situación de las campanas esté muy cerca del foco de generación del contaminante.

## **2.14. El confort ambiental**

El mantenimiento de unas determinadas condiciones de confort en los edificios y locales es una cuestión de obligada necesidad para el adecuado cumplimiento de las actividades que se desarrollan en el interior de los mismos.

Si bien la afirmación anterior puede ser compartida íntegramente por la gran mayoría de personas, su cuantificación puede resultar mucho más compleja puesto que el confort, como toda sensación, es subjetivo y se ve sometido a un gran número de parámetros tales como:

- Nivel de temperatura del ambiente.
- Nivel de temperatura radiante (la percibida desde los cerramientos interiores del edificio).
- Nivel de humedad ambiental.
- Velocidad percibida del aire.
- Contaminación presente en el aire (calidad del aire respirado).
- Nivel de iluminación en el local.
- Nivel de ruido percibido en el local.
- Decoración.

La importancia de lo anterior radica en que los niveles de confort pueden influir en la aparición y transmisión de enfermedades en edificios (mohos y otros hongos,) por otra parte, las situaciones de incomodidad motivan el absentismo laboral influyendo en la productividad laboral.

### **2.14.1. Criterios de medida de confort**

Como se mencionó anteriormente, el concepto confort no tiene una expresión cuantitativa que sea aceptada por el 100% de los individuos ya que como toda sensación, es subjetiva.

Diversos autores han propuesto distintas aproximaciones para la cuantificación del confort, partiendo de la definición ASHRAE de un Ambiente Térmico Confortable, la cual indica un nivel mínimo de satisfacción equivalente al 80% de los individuos.

### 2.14.2. Temperatura y humedad

La definición más simple del confort es la que, se encuentra recogida en el Reglamento Español de Instalaciones Térmicas de los Edificios (ministerio de Industria y Turismo, 2006).

Condiciones interiores de diseño		
Época del año	Temperatura ambiente	Humedad relativa ambiente
Verano	23 a 25°C	40 a 60%
Invierno	20 a 23°C	40 a 60%

Tabla 8: Niveles de confort de Temperatura y humedad  
Fuente: Reglamento Español de Instalaciones Térmicas de los Edificios (2006).

Se puede apreciar que el valor de temperatura de confort varía según la época del año. Ello es así para tomar en consideración que una variación en la temperatura interior implica un aumento/disminución en el consumo de energía para climatización, por lo tanto es razonable y eficiente mantener temperaturas de confort más bajas en invierno que en verano.

### 2.14.3. Ventilación higiénica

En general, para compensar el nivel de emisiones provocado por la respiración humana, es preciso ventilar del orden de 2,2 a 2,4 l/s por persona (equivalente a

8-9 m<sup>3</sup>/h persona). De este modo se asegura una concentración de CO<sub>2</sub> inferior a 5.000 ppm.

#### **2.14.4. Velocidad del aire**

La velocidad del aire tiene una influencia clara sobre el confort percibido ya que facilita el proceso de disipación de calor. En consecuencia, su influencia en régimen de invierno es de aumentar la sensación de frío mientras que en verano aligera la sensación de bochorno a condiciones ambientales elevadas.

En invierno se recomienda no superar los 0.15 m/s mientras que en verano se aceptan velocidades mayores. Así, para temperaturas ambientales inferiores a 26 °C se suele tomar una velocidad de 0,25 m/s, que puede ascender gradualmente hasta 0,8 m/s a temperaturas de 28 °C en el aire. No se recomienda superar la velocidad de 0,9 m/s. Este régimen marca el punto de inicio de movimiento de los papeles sobre la mesa.

## 2.15. Glosario de términos

**Amoniaco.-** es un compuesto químico de nitrógeno con la fórmula química  $\text{NH}_3$ .

**ASHRAE.-** marca de filtro de aire

**Azeotropico.-** Es una mezcla líquida de dos o más compuestos químicos que hierven a temperatura constante y que se comportan como si estuviesen formadas por un solo componente.

**Bencina.-** líquido volátil que se obtiene de la destilación de petróleo, que se usa como disolvente y como carburante.

**Butano.-** Es un hidrocarburo liberado en la fermentación de las mantecas rancias, de ahí su nombre.

**BTU.-**Unidad inglesa de energía calorífica equivalente a 1 055 julios.

**Cuantificación.-** es el proceso de convertir un objeto a un grupo de valores discretos.

**Corrosivo.-** es una sustancia que puede destruir o dañar irreversiblemente otra superficie o sustancia con la cual entra en contacto.

**Decantamiento.**Inclinar una vasija sobre otra para que caiga el líquido de la primera sin que salga el poso.

**Etileno.-** es un compuesto químico orgánico formado por dos átomos de carbono enlazados mediante un doble enlace.

**Flúor.-** Es un gas a temperatura ambiente, de color amarillo pálido, formado por moléculas diatómicas  $\text{F}_2$ . Es el más electronegativo y reactivo de todos los elementos. En forma pura es altamente peligroso, causando graves quemaduras químicas al contacto con la piel.

**Freones.-** es una marca de refrigerantes de DuPont. Estos refrigerantes están compuestos por clorofluorocarbonos (CFC), productos dañinos para la capa de ozono, dado el efecto de que al elevarse los CFC la descomponen.

**Habitáculo.-** Lugar limitado y cerrado que está destinado a ser habitado.

**Calefacción.-** es una forma de climatización que consiste en aportar calor a los espacios cerrados y habitados, cuando las temperaturas exteriores son bajas (estación invernal) conforme sean las necesidades.

**Halogenados.-** es un índice de sustancias farmacológicas y medicamentos, organizados según grupos terapéuticos.

**Hidrocarburo.-** son compuestos orgánicos formados únicamente por átomos de carbono e hidrógeno.

**Insaturado.-** es aquella molécula orgánica que contiene al menos un doble enlace carbono.

**Meticuloso.**Que se hace con gran cuidado, detalle y atención, empleando tiempo y paciencia para que salga bien.

**Propano.-** Gas un gas incoloro e inodoro.

**Reactivo.-** Un reactivo o reactante es, en química, toda sustancia que interactúa con otra en una reacción química y que da lugar a otras sustancias de propiedades, características y conformación distinta, denominadas productos de reacción o simplemente productos.

**R22.-** Es un gas incoloro comúnmente utilizado para los equipos de refrigeración, en principio por su bajo punto de fusión, (-157°C).

**Subjetiva.-** es básicamente, la propiedad de las percepciones, argumentos y lenguaje basados en el punto de vista del sujeto, y por tanto influidos por los intereses y deseos particulares del mismo.

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Tipo de investigación

El presente trabajo es de tipo diagnóstico basado en un diseño cuasi experimental, ya que se relacionó directamente el conocimiento teórico y el trabajo práctico. Fue factible ya que por medio del presente se logró dar solución al problema presente en el laboratorio de autotrónica del taller de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte.

- **Bibliográfico Documental.** Fue también bibliográfico y documental en la fase de la elaboración del marco teórico que se estructuró de acuerdo con las variables del tema, analizando y sintetizando el material ubicado de autores especializados en fuentes escritas, libros, revistas, internet y otros recursos disponibles con el propósito de ofrecer una visión clara de las esencialidades teóricas del tema.
- **De Campo.** Fue un estudio de Campo, porque se intervino directamente en el lugar de los hechos para obtener información necesaria que lo sustente.
- **Exploratorio, explicativo y descriptivo.** Fue exploratorio, explicativo y descriptivo trató de un estudio, porque estuvo fundamentado en la selección de información teórica, técnica y científica que requirió la investigación para desarrollarla hasta su culminación.

### 3.2. Métodos de la investigación

Los métodos que se aplicaron en el desarrollo del Trabajo de Grado fueron los siguientes:

- **Analítico – Sintético.** Se lo aplicó en la revisión y análisis de la información relevante que requiera el tema de investigación para fundamentar los aspectos técnicos relacionados con la instalación de un sistema de climatización del laboratorio del autotrónica del taller de Ingeniería en mantenimiento automotriz, que permitieron establecer conclusiones y generar una visión precisa de las características esenciales del trabajo a realizar.
- **Inductivo – Deductivo.** Se aplicó este método a partir del análisis general del objeto de investigación para encontrar los fenómenos causales que permitieron determinar las especificaciones técnicas del sistema de climatización de un ambiente de trabajo especializado para mantenimiento automotriz, al tiempo que se identificaron los factores comunes que inciden en la ausencia de este sistema y la manera cómo afecta a la calidad de los trabajos que se realizan en el ambiente.

### 3.3. Técnicas e instrumentos

#### 3.3.1. Técnicas

- **Análisis documental y estadístico:** Esta técnica permitió obtener información secundaria recurriendo al método científico de la investigación, el enfoque de la información y los resultados que han obtenido estudios de proyectos similares aplicados a una realidad específica en la que se desarrolló el proyecto.

- **Experimentación y comprobación:** Se aplicó esta técnica en la fase del diseño del proyecto y sus especificaciones técnicas con el propósito de obtener resultados eficientes en el funcionamiento de un sistema de climatización del laboratorio del autotrónica del taller de Ingeniería en mantenimiento automotriz.
- **Observación:** Se aplicó la técnica de la observación directa del ambiente donde es posible instalar el sistema de climatización del laboratorio del autotrónica del taller de Ingeniería en mantenimiento automotriz, para facilitar el estudio técnico y resolver cualquier eventualidad que se presente en el desarrollo del proyecto.

### 3.3.2. Instrumentos

Los instrumentos que se utilizaron para la aplicación de las técnicas seleccionadas fueron:

- **Ficha de análisis documental,** para el registro de las acotaciones esenciales de contenido teórico y científico.
- **Libreta de campo,** para el registro anecdótico de los resultados de comprobación y experimentación de las especificaciones técnicas que requiere el sistema de climatización.
- **Ficha de observación,** con indicadores y criterios de valoración que requieren las anotaciones producto de la observación directa.

## **CAPÍTULO IV**

### **4. PROPUESTA**

#### **4.1. Título**

Climatización del laboratorio de autotrónica del taller de ingeniería en mantenimiento automotriz de la “Universidad Técnica del Norte”.

#### **4.2. Justificación técnica**

La universidad del siglo XXI, tiene el reto de formar profesionales dotados de competencias que les permitan desarrollar proyectos innovadores que transformen no solamente su entorno laboral, sino que sean capaces de contribuir eficazmente al desarrollo social y económico de la sociedad en la que actúan.

La iniciativa de desarrollar proyectos de investigación acción y construcción, coloca a los profesionales en formación ante la disyuntiva de generar cada vez nuevos esquemas que una vez aplicados, solucionan problemas reales que tienen el propósito de mejorar procesos generalmente relacionados con hacer más eficiente su trabajo con productos de calidad.

La presente propuesta tiene por objeto implementar un sistema de refrigeración que brinde equilibrio de calor y la serie de tiempo variable, la metodología de cálculo de cargas térmicas brinda las bases para sustentar este proyecto para el confort ambiental dentro del laboratorio de autotrónica del taller de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la Universidad Técnica del Norte, considerando que dentro de este se trabaja con equipos electrónicos sensibles a todo tipo de acciones provocadas por el medio ambiente donde se ubican, además en las

instalaciones trabajan personas las que se ven afectadas física e intelectualmente por la acción de temperaturas no apropiadas para realizar un trabajo que requiera gran concentración y meticulosidad, uno de los objetivos de climatizar un recinto determinado, es proporcionar confort a los que lo utilizan, en este sentido, el control de temperatura que se analiza en este capítulo contribuye claramente a alcanzar este objetivo.

Aunque los principios de ganancias de calor incluyeron en el método de equilibrio de calor bien conocido, ningún edificio se ha construido basado en cálculos que usan ese método.

### **4.3. Desarrollo de la propuesta**

#### **4.3.1. Fluidos frigorígenos**

Para el presente proyecto se utiliza el R22, se denominan fluidos frigorígenos a aquellos cuerpos químicos cuyas propiedades los tornan aptos para su aplicación a las máquinas frigoríficas.

Teóricamente, todo compuesto capaz de soportar cambios de estado (sobre todo entre los estados líquidos y de vapor) en el campo de las temperaturas que interesan a la refrigeración artificial, podría ser adoptado.

Sin embargo, a esto se oponen razones muy diversas en efecto, deben respetarse un determinado número de condiciones que se refieren a aspectos de interés general tales como inflamabilidad, explosividad, toxicidad que condiciona la seguridad» tanto para el operador como para terceros; si se cumplen estas exigencias respetando las normas que corresponden, existen otras consideraciones para orientar la selección de un fluido, combinando características de orden técnico y problemas de costos y gastos operativos y de mantenimiento;

según el tipo de máquinas a utilizar la elección puede ser diferente.

Esta breve introducción no tiene la pretensión de ofrecer una información completa sobre los fluidos frigorígenos sobre los que existen obras especializadas, sino solamente la de presentar una ayuda memoria resumida, a fin de orientar en la selección de un fluido.

#### **4.3.2. Análisis de las modificaciones de ciclos para mejorar sus rendimientos**

Este párrafo se relaciona con las mejoras a los ciclos independientemente de las propiedades de los fluidos.

##### ***Subenfriamiento de condensado***

Para un subenfriamiento del condensado se aumenta la producción frigorífica en el área sin modificación del trabajo consumido que permanece igual. Esto supone que el subenfriamiento, puede obtenerse gratuitamente.

Debe destacarse que si este efecto se obtiene mediante un artificio, como por ejemplo un intercambiador de calor que provocaría un sobrecalentamiento de 1 a 1' para asegurar el subenfriamiento el resultado sería diferente ya que el consumo de trabajo aumentaría según el área.

Se había visto en párrafos precedentes que el rendimiento del ciclo disminuye cuando el punto 2 entra en la zona del vapor sobrecalentado.

En consecuencia, aun si a partir de una posición del punto 1 sobre la línea de saturación, el rendimiento elemental de pequeños ciclos que pueden agregarse permanece constante, el rendimiento global sigue decreciendo debido al relativo

aumento de la parte del ciclo saturado no comprendido en la definición estricta de Carnot con dos isotermas.

En conclusión, solamente el subenfriamiento del condensado mejora el rendimiento. Un sobrecalentamiento en la aspiración es siempre perjudicial.

La disminución del rendimiento se reduce si se utiliza para enfriar el líquido. Si a pesar de esto se utiliza esta técnica, es por razones específicas vinculadas a la naturaleza de los fluidos, cuestión que no ha sido tomada en cuenta en las consideraciones efectuadas.

### ***Ciclos en etapas***

El rendimiento de un ciclo de Carnot comprendido entre dos isotermas sólo depende de esas temperaturas y no cambia si se multiplica el número de ciclos elementales perfectos sin claros ni superposiciones en el dominio de las temperaturas definidas, aun si varía el campo de las entropías.

En cambio, resultan diferentes las consideraciones efectuadas, si se considera un ciclo semiideal, es decir, más próximo a la realidad. Consideremos el caso en que las temperaturas extremas se denominan  $T_c$  y  $T_o$ . El consumo específico de trabajo es igual a la relación de áreas si el ciclo es de una etapa. Si se elige trabajar en dos etapas superpuestas, adyacentes con un recinto intermedio a  $T_m$ , la «performance» aplicable a la unidad de masa que recorre el ciclo íntegro es igual a la relación de áreas, al área que es netamente más favorable a causa de la disminución del área. Sin embargo, debe efectuarse una corrección porque en la parte de alta del ciclo, una cierta cantidad de fluido se recircula y absorbe una energía equivalente al área.

Esta cantidad de fluido recirculante sin efecto útil alguno es proporcional a la relación de áreas. Se tiene que el resultado final dependerá en gran medida de

las propiedades reales del fluido utilizado y en particular del valor del calor latente de vaporización y de los calores específicos del líquido y del vapor que condicionan la recta de las isóbaras y las curvas de saturación. De hecho, las propiedades son tales que siempre existe un interés teórico para los ciclos en etapas. El interés práctico contempla numerosos factores que no son siempre técnicos. El valor que debe asumir la presión intermedia no puede ser cualquiera.

No existe ninguna regla sobre bases teóricas para decidir su elección con vistas a mejores rendimientos. En realidad, la eficacia no varía mucho en un campo amplio de presiones intermedias.

El valor óptimo está próximo a la media geométrica de las presiones extremas. En la práctica se adopta a menudo este valor, que tiene la ventaja de que las máquinas operen con pérdidas equilibradas.

### ***Ciclos decalados***

Si las temperaturas altas y/o bajas de un proceso, por razones independientes no son constantes, el único ciclo de Carnot que puede resolver el problema es el de un ciclo decalado sobre los valores extremos.

El consumo de energía de un ciclo de Carnot entre  $T_1$  y  $T_2$ , es igual al área. Puede reemplazarse este ciclo por una yuxtaposición de ciclos decalados sobre la escala de temperaturas (en el caso indicado se trata de tres ciclos) exigiendo a cada uno asegurar un funcionamiento proporcional a los diferentes gradientes de entropía. El trabajo necesario será la suma de los tres rectángulos I,II,III inscritos en el rectángulo original.

En esto reside el interés de las máquinas en cascada para solucionar los problemas de fuentes calientes y frías que mantienen una gran diferencia de temperaturas.

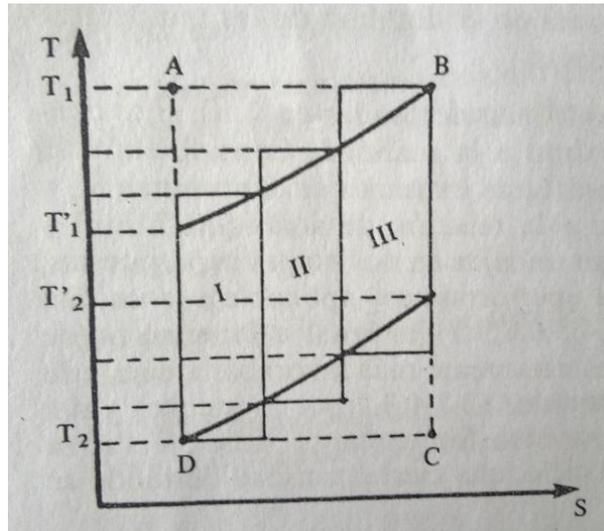


Figura 11. Diagrama (S,T) de un ciclo en etapas.  
Fuente. Tecnología de refrigeración y aire acondicionado-Tomo 1 (2013).

### 4.3.3. Esquema elemental

La figura 12 representa el esquema elemental de una máquina de absorción.

Este esquema ilustra en forma elemental lo expresado sobre el tema del doble rechazo del calor al entorno. El vapor producido en el vaporizador B, se condensa en el condensador C y ese vapor circula hacia el evaporador E donde se aprovecha para la producción de frío y se vuelve a condensar en el absorbedor. Entre el vaporizador y el absorbedor hay un vaivén de solución simplemente expandida en un sentido y rechazado bajo presión en el otro. La cantidad de solución circulante es netamente más importante que la del fluido que cambia de estado.

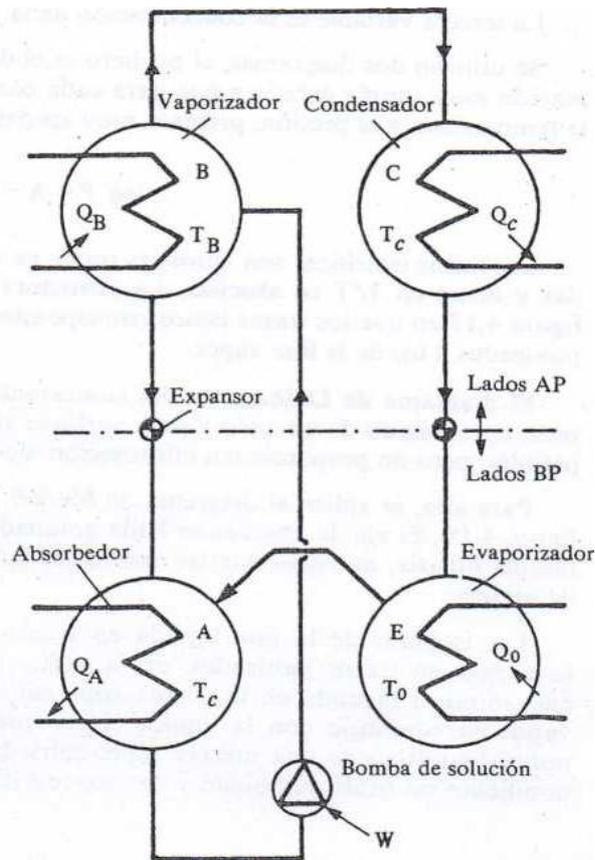


Figura 12. Ciclo elemental de una máquina de absorción. Ecuación Básica.  
Fuente. Tecnología de refrigeración y aire acondicionado-Tomo 1 (2013).

#### 4.3.4. Rendimientos técnicos

##### *Transmisión de Calor*

Para expresar el coeficiente superficial o pelicular para una transmisión de calor en régimen turbulento (caso general) se llega a una expresión de la forma:

$$h = a \cdot G^m \cdot d^{m-1} \cdot \mu^{n-m} \cdot c_p^n \cdot \lambda^{1-n}$$

En donde prácticamente:

- $m$ , varía de 0,6 a 0,8  
 $n$ , varía de 0,3 a 0,4 (generalmente 1/3).

De donde resulta que:

- Siendo negativo el exponente de  $d$ ,  $h$  será tanto mayor cuanto menor sea  $d$ .
- Siendo negativo el exponente de  $n$  se llega a la misma conclusión que en lo anterior.
- Si los exponentes de  $c_p$  y  $X$  únicas variables verdaderamente térmicas fueran positivos,  $h$  varía en el mismo sentido de esos parámetros.
- A igual velocidad de circulación, la transferencia de calor será tanto mejor cuanto más denso sea el fluido.

Lo que antecede justifica las razones que tornan apreciables los fluidos que contienen mucha agua, salvo la mezcla de agua y amoníaco que tienen en su contra los prejuicios adjudicados de hace mucho tiempo al amoníaco. Si se excluye esta mezcla, la elección del R 11 para las zonas de bajas temperaturas, si no pueden emplearse otras soluciones acuosas, queda justificada a causa del valor moderado de la viscosidad, aun con su pobre conductividad térmica y con preferencia al metanol, que es menos seguro.

### **Consumo de energía**

Es evidente que se obtiene el mejor resultado cuando la relación de la cantidad de trabajo entregada a la de calor transmitida sea lo menor posible, lo que equivale a buscar un valor mínimo.

Ahora bien, si se desprecian las pérdidas de carga locales que a menudo se deben a causas independientes de la transmisión de calor (principalmente por el espacio disponible para alojar al artefacto) se dice que la pérdida de carga expre-

sada en metros de columna de fluido, para un diámetro de tubo dado.

t °c	Agua	NaCl	CaClj	MEG	MPG	Agua + NH3	Rll	CHjClj	C <sub>2</sub> HCl <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub> O
0	0,887	1,15	1358	1,463	1,69	1	3,127			
-20			231	3,442	5,884	1	3377			
-40			3,876			1	3,67	4,063	5,956	2309
-60						1	3377	3,4613	536	2,834
-80						1	339	3,04	4,545	2,866

Tabla 9. Performances relativas a fluidos caloportadores frigoríficos.  
Fuente. Tecnología de refrigeración y aire acondicionado-Tomo 1 (2013).

Esta expresión comprende 4 parámetros q son función de la naturaleza del fluido, mientras que  $\Delta t$  es muy a menudo definido a priori por las condiciones del problema a resolver.

Se ha constatado que el agua, cuando se puede utilizar, es el mejor fluido caloportador y que para las temperaturas negativas, el mejor sustituto, desde un punto de vista termodinámico, es el agua amoniacal. Si por cualquier razón no puede utilizarse, la elección entre los otros tipos de soluciones que quedan será función de consideraciones de otra naturaleza, asociadas a factores de seguridad, costos iniciales, de mantenimiento, etc.

#### 4.3.5. Problemas prácticos

Si como es deseable, los circuitos son del tipo cerrado, un problema que se plantea es el del depósito o tanque de expansión, para lo cual hace falta conocer el coeficiente de dilatación cúbica de los líquidos utilizados.

Debe recordarse que el agua tiene una masa volumétrica máxima a 4-4 °C y que de 4-4 °C a 4-25 °C presenta una variación de aproximadamente 3 milésimas.

**Solución de NaCl:** A la concentración auténtica (23,1% en masa), la masa volumétrica a 4- 15 °C es de 1,175. El coeficiente de dilatación cúbica de 4-20 a - 20 °C es del orden de  $0,45 \times 10^{-3}$ .

A la concentración del 6% en masa (masa volumétrica de 1,043 a 4- 15 °C) no es mayor de  $0,255 \times 10^{-3}$  Puede admitirse una variación lineal entre las dos concentraciones.

**Solución de Cadi:** A la concentración eutéctica de 29,9% en masa, la masa volumétrica a 4- 15 °C es de 1,286. El coeficiente de dilatación cúbica es de  $0,51 \times 10^{-3}$  entre 4-20 y - 40 °C.

#### **4.3.6. Problemas asociados a la seguridad**

El ingeniero proyectista (lo mismo que el ingeniero de operaciones) debe conocer no solamente las leyes, decretos, circulares, etc., códigos de construcción y de seguridad, sino también las normas y aun proyectos de normas, en curso de homologación, que atañen específicamente a la especialidad y a las aplicaciones de ramas conexas (en particular, en el campo eléctrico) sin las que no podría llegarse a realizar proyectos, etc.

Sobre todas ellas, las imposiciones derivadas del Código Civil son las que priman sobre las disposiciones anteriores y pueden en ciertos casos agravar los problemas que resultan de las documentaciones técnicas.

Todo esto sobrepasa el problema que pueden aportar los compresores, pero se menciona ya que los compresores son el centro de los sistemas frigoríficos.

Uno de los problemas más delicados gira en torno a las presiones de los fluidos que deben tenerse en cuenta y a la elección de las válvulas de seguridad, tanto

más teniendo presente que son frecuentemente provistas por fabricantes o proveedores diferentes, lo que implica responsabilidades sucesivas que pueden ser fuente de errores.

#### **4.3.7. Cálculo de cargas térmicas**

##### ***Definición de cargas térmicas***

También nombrada como carga de enfriamiento, es la cantidad de energía que se requiere vencer en un área para mantener determinadas condiciones de temperatura y humedad para una aplicación específica (ej. Confort humano). Es la cantidad de calor que se retira de un espacio definido, se expresa en BTU, la unidad utilizada comercialmente relaciona unidad de tiempo, ***Btu/hr.***

La medición consiste en determinar el TGBH (Índice de Temperatura Globo Bulbo Termómetro). Para obtener este índice se deben medir en el ambiente tres temperaturas: temperatura de bulbo seco, de bulbo húmedo y de globo. Para realizar estas mediciones se utilizan dos tipos de termómetro:

- **Globotermómetro:** Con este termómetro se mide la temperatura del globo y consiste en una esfera hueca de cobre, pintada de color negro mate, con un termómetro o termocupla inserto en ella, de manera que el elemento sensible esté ubicado en el centro de la misma, con espesor de paredes de 0,6 mm. y su diámetro de 150mm.aproximadamente.



Figura 13. Globotermómetro.  
Fuente. Productos y soluciones inteligentes para aplicaciones técnicas (2014).

- **Termómetro de bulbo húmedo natural:** con este otro termómetro se mide la temperatura de bulbo húmedo natural y consiste en un termómetro cuyo bulbo está recubierto por un tejido de algodón. Este debe mojarse con agua destilada.



Figura 14. Termómetro de bulbo húmedo.  
Fuente. Global care market (2015).

## ***Introducción, información general***

A través de años de trabajo, diversas compañías y organizaciones han evaluado múltiples factores requeridos para determinar las cargas de enfriamiento en diversas aplicaciones. Cuando se utilizan estos factores para el cálculo de cargas en espacios y edificios, lo importante es aplicar un buen criterio para desarrollar algún procedimiento definido.

Para realizar el estimado de la carga de enfriamiento requerida con la mayor exactitud posible en espacios y edificios, las siguientes condiciones son de las más importantes para evaluar:

- Datos atmosféricos del sitio.
- La característica de la edificación, dimensiones físicas.
- La orientación del edificio, la dirección de las paredes del espacio a acondicionar.
- El momento del día en que la carga llega a su pico.
- Espesor y características de los aislamientos.
- La cantidad de sombra en los vidrios.
- Concentración de personal en el local.
- Las fuentes de calor internas.
- La cantidad de ventilación requerida.

Existen diferentes métodos para calcular la carga de enfriamiento en un área determinada, en cualquier caso es necesario evaluar diversas características como las condiciones del lugar (condiciones atmosféricas), tipo de construcción y aplicación del espacio a acondicionar.

## ***Consideraciones***

Las variables que afectan el cálculo de cargas térmicas son numerosas, frecuentemente difíciles para definir en forma precisa, y no siempre están en cada momento mutuamente relacionadas.

Muchas variables de cargas de enfriamiento cambian extensamente en magnitud durante un período de 24 horas. Los cambios de estas variables pueden producirse en momentos diferentes unos de otros, por ello deben analizarse detalladamente para establecer la carga de enfriamiento necesaria para un establecimiento o dividirse este en zonas.

La necesidad de dividir un sistema en zonas, origina mayor capacidad de carga de enfriamiento que un sistema total; pero permite manejar la carga para cada zona en su hora pico.

En el cálculo de carga de enfriamiento, es determinante el uso de valores adecuados para aplicarlos en un procedimiento determinado. La variación en los coeficientes de transmisión de calor de los materiales y montajes compuestos en edificio típicos, la forma de construcción, orientación del edificio y la manera en cual el edificio opera son algunas de las variables que imposibilitan un cálculo numéricamente preciso.

## ***Tasa de flujo de calor***

En diseño de aire acondicionado existen cuatro 4 tasas relativas de flujo de calor, cada una de las cuales varían en el tiempo y debe ser diferenciada:

- (1) Aumento de calor del espacio

- (2) Carga de enfriamiento del espacio
- (3) Tasa de extracción de calor del espacio
- (4) Carga del serpentín.

La ganancia de Calor Espacial (tasa instantánea de aumento de calor) es la tasa a la cual el calor entra y/o es generado internamente en un espacio en un momento determinado. La ganancia de calor es clasificada por (1) El modo en el cual entra en el espacio y (2) Si es una ganancia sensible o latente.

Los modos de ganancia de calor pueden ser como (1) radiación solar a través de fuentes transparentes, (2) conducción de calor a través de paredes exteriores y techos, (3) conducción de calor a través de divisiones internas, techos y pisos, (4) calor generado en el espacio por los ocupantes, luces y aplicaciones, (5) energía transferida como resultado de ventilación e infiltración de aire del exterior o (6) aumentos de calor misceláneos. La ganancia de calor es directamente agregada a espacios acondicionados por conducción, convección, radiación eventualmente el factor acumulación.

### ***Consideraciones iniciales de diseño***

Para calcular la carga de enfriamiento de un espacio, se requiere información de diseño detallada de la edificación e información climática a las condiciones de diseño seleccionados. Generalmente, los siguientes pasos deben ser seguidos:

- **Características de la Edificación.**

Materiales de construcción, tamaño de los componentes, colores externos de fuentes y formas son normalmente determinados a partir de los planos de la edificación y especificaciones.

- **Configuración**

Determinar la ubicación, orientación y sombra externa de la edificación a partir de los planos y especificaciones. La sombra de edificaciones adyacentes pueden ser determinadas por un plano del sitio o visitando el sitio propuesto. Su permanencia probable debe ser cuidadosamente evaluada de ser incluida en los cálculos.

- **Condiciones Exteriores de Diseño**

Obtener información climática apropiada y seleccione las condiciones de diseño exterior. La condición climática puede ser obtenida de la estación meteorológica local o del centro climático nacional.

- **Condiciones de Diseño Interior**

Seleccionar las condiciones de diseño interior tales como temperatura de bulbo seco interior, temperatura interior de bulbo húmedo y tasa de ventilación. Incluya variaciones permisibles y límites de control.

- **Rutina de Operación**

Obtener una rutina de iluminación, ocupantes, equipo interno, aplicaciones y procesos que contribuyan a incrementar la carga térmica interna. Determine la probabilidad de que el equipo de refrigeración sea operado continuamente o apagado durante períodos de no ocupación (ej. Noches y/o fines de semana).

## - **Fecha y Tiempo**

Seleccionar el tiempo del día y el mes para realizar los cálculos de la carga de enfriamiento. Frecuentemente varias horas del día y varios meses son requeridos.

## - **Consideraciones Adicionales**

El diseño apropiado y el tamaño de los sistemas de aire acondicionado central requieren más que el cálculo de la carga de enfriamiento en el espacio a ser condicionado.

El tipo de sistema de acondicionamiento de aire, energía de ventilación, ubicación del ventilador, pérdida de calor de los ductos y ganancia, filtración de los ductos, sistemas de iluminación por extracción de calor y tipo de sistema de retorno de aire, todos afectan la carga del sistema y el tamaño de los componentes.

### ***Métodos de cálculo***

La ASHRAE reconoce la vigencia de cuatro métodos de cálculo de cargas térmicas para seleccionar la capacidad de los equipos de aire acondicionado. Los cuales se nombran a continuación:

- Uno de los procedimientos mayores utilizados es el método de Función de Transferencia (TMF). Una versión simplificada de este método con aplicaciones para diferentes tipos de construcción fue publicado en el manual de fundamentos ASHRAE de 1977.

Este método tiene como fundamento el estimar las cargas de enfriamiento hora por hora, predecir las condiciones del espacio para

varios sistemas, establecer programas de control y programas de operación.

El método de función de transferencia (TFM) es aplicado para el cálculo de flujo unidimensional de transferencia de calor en paredes y techos soleados. Los resultados debido a las variaciones de construcción se consideran insignificantes, se si toman en cuenta la carga de los componentes normalmente dominantes. La ASHRAE (1988) generó factores de decremento efectivos de calor y períodos de retraso de tiempo para 41 diferentes tipos de pared y 42 tipos de techo, que son presentados para utilizarse como coeficientes de función de transferencia.

- El método de “Cálculo de Cargas por Temperatura Diferencial y Factores de Carga de Enfriamiento” (CLTD/CLF). Es el método que debe ser aplicado al considerarse como la primera alternativa de procedimiento de cálculo manual.

El método de Temperatura Diferencial para Carga de Enfriamiento es simplificado, por utilizar un factor “U” para calcular la carga de enfriamiento para techos y paredes, presentando resultados equivalentes. Así, la ecuación básica para carga de enfriamiento en superficies exteriores es:  $q = U * A$  (CLTD).

El método de cálculo de carga por temperatura diferencial se basa en la suposición de que el flujo de calor a través de un techo o pared puede ser obtenido por multiplicar la temperatura diferencial (exterior - interior) por los valores tabulados “U” de techos y paredes, respectivamente.

- Otro procedimiento usado para el cálculo de cargas térmicas es el de “Valores de Temperatura Diferencial Total Equivalente y Tiempo Promedio”

(TETD/TA). La primera presentación de este método se hizo en el manual de fundamentos ASHRAE de 1967, este procedimiento es recomendado para usuarios experimentados.

Para calcular la carga de enfriamiento de un espacio usando la convención del TETD/TA, aplican los mismos procedimientos generales empleados para el TFM.

- El cuarto método publicado es un capítulo especial de CLTD/CLF, utilizado para cálculo de cargas en residencias.

La técnica del CLTD evoluciona como una operación manual que involucra menos cálculos matemáticos y reemplaza el procedimiento de TETD/TA, para cálculos manuales; pero requiere el uso de tablas de factores pre calculados. Proyectos de investigación subsiguientes (ASHRAE 1984, 1988) aclaran el alcance de aplicación efectiva de los factores utilizados para el método de CLTD.

### ***Desarrollo del método***

- **Carga de diseño**

Carga impuesta en el equipo mientras este mantiene las condiciones interiores de diseño y cuando las condiciones exteriores de temperatura y humedad están dentro de lo especificado.

- **Condiciones interiores de diseño**

Son la temperatura interior de bulbo seco y la humedad relativa interior, especificadas para el cálculo de una carga de diseño.

## ***Condiciones de evaluación***

- **Condiciones exteriores de diseño**

Son la temperatura exterior de bulbo seco y la humedad relativa exterior del ambiente donde se requiere calcular la carga de diseño.

Los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), deben contrarrestar las fuerzas del tiempo cuando la temperatura al aire libre (temperatura del ambiente exterior) o humedad se mueve en un rango aceptable en favor de la seguridad y comodidad (confort). Por consiguiente, un entendimiento claro del comportamiento del tiempo es útil para diseñadores y operadores de estos sistemas. Limitaciones en esa comprensión son a menudo la raíz de problemas, que envuelve calidad del aire interior pobre y deterioro prematuro de la edificación y del equipo.

Ingenieros, técnicos de servicio y operadores de la construcción constantemente analizan y localizan fallas en problemas normales de sistemas HVAC (siglas en ingles). A menudo, conocer las condiciones del tiempo presente y reciente puede ayudar a explicar la causa de un problema, y lleva a una rápida solución. Recientemente, el World Wide Web (mundo virtual en internet) ha llegado a ser una fuente para observaciones actuales.

Uno de los desafíos más grandes para un diseñador consiste en la total comprensión del clima en una localidad desconocida, el conocimiento acerca del comportamiento del clima local está menos disponible para el diseñador en localidades remotas, a veces con consecuencias costosas.

Un procedimiento standard para seleccionar equipo de refrigeración para un restaurante en Chicago no aplicaría para el mismo restaurante establecido en Puerto Rico, con carga latente diez veces más grande.

- **Extremos de Humedad Correctos.**

Algo sorprendente (quizá a causa del énfasis en controlar temperatura en lugar de humedad), los manuales de la ASHRAE anteriores a 1.997 no incluyeron descripción de datos extremos de humedad. El de 1.993 y los manuales anteriores mostraron sólo el promedio de la humedad durante períodos de temperatura extrema. Esos valores no representan la humedad extrema, que ocurre a temperaturas moderadas durante temporales o durante la mañana cuando el rocío se evapora.

La mala impresión o información sobre la humedad produjo que en la temperatura superior a menudo era bastante significativo el margen de error. Se puede ver un ejemplo en la inscripción por Huntsville, Ala.. La temperatura pico de bulbo seco es 94°F (34.4°C) con un promedio de temperatura de bulbo húmedo (MWB) de 75°F (23.9°C).

Esos valores pico de bulbo seco producen la impresión que la relación de la humedad extrema es 14.3 gr./Kg. De hecho, la humedad del pico real es muy superior a 19.3 g/ kg., por tener un 0.4% en las columnas del punto del rocío. Estas columnas también muestran que la humedad pico ocurre a un promedio de temperatura de bulbo seco (MDB) de 83°F (28.3°C) en lugar de a 95°F (35°C). Esto representa una reducción significativa en la relación del calor sensible para un espiral refrescante del aire externo, y probablemente sugiere una selección del equipo diferente para tales aplicaciones.

Contar con datos correctos de la humedad pico debe significar mejorías en los equipos y sistemas para la deshumidificación.

- **Momento del día con carga pico de enfriamiento**

Este momento no es detectable fácilmente, ya que los componentes principales de la carga de enfriamiento no se dan al mismo tiempo. La carga máxima de temperatura exterior se toma como las 3:00 p.m., la máxima ganancia solar a través de vidrios llega a cualquier hora desde la 7:00 a.m. hasta las 5:00 p.m., dependiendo de la orientación geográfica. Las ganancias de calor internas pueden llegar a su pico en cualquier momento. Se hace necesario entonces efectuar un cálculo de las ganancias de calor en varios puntos a lo largo del día para poder determinar el pico máximo de la carga de enfriamiento.

Debido a la variedad de factores que influyen en el cálculo de la carga pico, es recomendable que en los casos en que haya alguna duda; se calcule la carga para varias horas.

Un aspecto importante del cálculo de cargas de enfriamiento a horas diferentes de las 3:00 p.m. y que algunas veces es obviado, es la corrección que debe hacerse a la temperatura exterior de diseño de bulbo seco para cada momento del día en particular. Obviamente si la máxima temperatura exterior de bulbo seco se presenta todos los días a las 3:00 p.m., en cualquier otro momento debe ser menor. Por consiguiente, la temperatura interior y la exterior de bulbo seco a otras horas distintas de las 3:00 p.m. será menor que en las condiciones de diseño que se presentan a las 3:00 p.m.

Las correcciones no solamente afectan la diferencia de temperatura de exterior a interior, sino también las diferencias totales equivalentes en las temperaturas de paredes y techos.

- **Ganancia de calor por radiación solar a través de vidrios**

Fenestraje o ventanaje se refiere a cualquier abertura vidriada en la envoltura de la edificación. Los componentes del fenestraje incluyen: (1) Material vidriado ya sea vidrio o plástico. (2) Marcos, divisiones, etc. (3) Dispositivos externos de sombreado. (4) Dispositivos internos de sombreado. (5) Sistemas integrales de sombreado (entre vidrios).

- **Ganancia de calor a través de componentes estructurales**

La conducción es el modo de transferencia de calor por el cual se verifica un intercambio de energía desde una región de alta temperatura hacia otra de baja temperatura, debido al impacto cinético o directo de moléculas.

La ley de Fourier de la conducción de calor establece que la rapidez de flujo por conducción en un sentido dado es proporcional al gradiente de temperatura en ese sentido y al área normal a la dirección del flujo de calor.

Es decir, el flujo de calor en la dirección  $x$ ,  $q_x$ , está dado por la ecuación:

$$q_x = k \cdot A \left( \frac{\partial T}{\partial x} \right)$$

Donde  $A$  es el área normal al flujo de calor,  $\partial T/\partial x$  es el gradiente de temperatura y  $k$  es la conductividad térmica del material.

El calor fluye por conducción térmica y su valor es expresado por la ecuación:  $Q = U * A * DT$ ; esta es la misma ecuación definida en la ley de Fourier de la conducción de calor para calcular la rapidez de flujo por conducción.

Dónde:

$Q$ = velocidad a la que el calor pasa a través de un componente en Btu/hr.

$U$ = factor general de transmisión de calor para el componente estructural en Btu/hr por pie<sup>2</sup> por grado F de diferencia de temperatura entre la superficie exterior y la superficie interior del componente. (Btu/hr.pie<sup>2</sup> .°f).

$A$ = área del componente estructural que queda expuesto a la temperatura interior y la temperatura exterior en pie<sup>2</sup>.

$DT$ = diferencia de temperatura entre el interior y el exterior en grado Fahrenheit.

Para el cálculo son utilizadas las tablas que contienen los *Factores de transmisión de calor (valores U)* para vidrios, paredes, techos y pisos comúnmente utilizados en construcción, del manual N publicado por la ACCA.

## - **Diferencias equivalentes de temperaturas**

Es muy importante tener en cuenta la diferencia de temperatura equivalentes, que se aplican a paredes y techos; efectos de la radiación solar, efecto de retardo o efecto de almacenamiento y diferencias en la temperatura del aire.

Esta diferencia de temperatura se produce realmente por la acción simultánea de la Conducción, radiación y convección, se muestran en las tablas “*Diferencias de temperaturas equivalentes para paredes sombreadas y soleadas*” y “*Diferencias de temperaturas equivalentes para ganancias de calor a través de techos planos*”. Estos factores dan las diferencias de temperaturas equivalentes para varios tipos de construcciones en distintos momentos del día para techos y paredes respectivamente, están incluidas en el del manual N publicado por la ACCA.

- **Concentración de personas como base de diseño**

Las personas que ocupan el espacio que debe ser acondicionado contribuyen con cantidades importantes de calor sensible y calor latente, que aumenta la carga total de enfriamiento de dicho espacio.

El cálculo debe basarse en el número promedio de personas dentro del espacio durante el periodo de la máxima carga de enfriamiento de diseño. La cantidad de calor debida a las personas, que va a aumentar la carga total de enfriamiento, debe estar de acuerdo a la actividad desarrollada por estas personas como indica la Tabla “*Ganancias de calor por persona*”. La tabla publicada en el manual N de la ACCA titulada “*Concentración de personas estimados*” muestra valores estimados en pies cuadrados por personas para ser usados cuando no se disponga de datos más exactos.

- **Ganancias de calor originadas por equipos instalados en el interior de un espacio a acondicionar**

Entre las fuentes de calor dentro del espacio que será condicionado están las luces, las máquinas de oficina, equipos de computación, los electrodomésticos y los motores eléctricos.

Cuando los equipos que producen calor están cubiertos por una campana de extracción, debe calcularse la carga adicional debida al aire fresco que se debe introducir para compensar el aire extraído por la campana. Esto se calcula en la secuencia de Ganancias de calor por infiltración y ventilación.

Con respecto al alumbrado, el mismo constituye una fuente de calor sensible. Este calor se emite por radiación, convección y conducción. Un porcentaje del calor emitido por radiación es absorbido por los materiales que rodean el local, pudiendo también producirse estratificación del calor emitido por convección. Las ganancias de calor reales se determinan aplicando los valores mostrados en la tabla "Ganancias debidas al alumbrado".

Las lámparas incandescentes transforman en luz un 10% de la energía absorbida, mientras el resto la transforman en calor que se disipa por radiación, convección y conducción. Un 80% de la potencia absorbida se disipa por radiación, y solo el 10% restante por conducción y conducción.

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

Tipo	Ganancia de calor sensible en btu/hr
Fluorescente	Potencia útil en vatios x 4,1
Incandescente	Potencia útil en vatios x 3,4

Tabla 10. Ganancias debidas al alumbrado.  
Fuente. Ensayo Cargas térmicas (2009).

Generalmente la placa de identificación de los equipos darán la información necesaria para obtener el dato aproximado del calor generado por el aparato. En las placas que se especifique la potencia consumida, esta se puede tratar del mismo modo que las luces incandescentes, multiplicando los vatios por 3,4 para obtener Btu/hr.

- **Ganancia de calor por infiltración y ventilación**

El aire del exterior que fluye a través de una edificación, ya sea como aire de ventilación, o no intencionalmente como infiltración (y ex filtración) es importante por dos razones. El aire del exterior es utilizado muchas veces para diluir contaminantes en el aire del interior y la energía asociada con calentamiento o enfriamiento de este aire exterior es una significativa carga de relación espacio - acondicionamiento. La magnitud de estos valores de flujo de aire debe ser conocida a máxima carga para calcular adecuadamente el tamaño de equipo y en condiciones promedio, estimar adecuadamente el consumo de energía promedio y estacionario. Deben conocerse también los valores de intercambio de aire para asegurar un adecuado control de los niveles de contaminantes en el interior. En grandes edificaciones deben ser determinados el efecto de infiltración y ventilación en distribución, y los patrones de flujo de aire inter zonal, los cuales incluyen patrones de circulación de humo en caso de incendio.

El intercambio de aire entre el interior y las afueras está dividido en: ventilación (intencional e idealmente controlada) e infiltración (no intencional y descontrolada). La ventilación puede ser natural y forzada.

- **La ventilación natural:** es un flujo de aire sin energía a través de ventanas abiertas, puertas y otras aberturas intencionales de una edificación.
- **La ventilación forzada:** es intencional, es un intercambio de aire propulsado por un ventilador y con ventanillas de toma y descarga o escapes que son especialmente designadas e instaladas para ventilación.

La infiltración, es flujo de aire no controlado a través de grietas, intersticios y otras aberturas no intencionales. Infiltración, exfiltración y flujo de ventilación natural son causados por diferencias de presión debido al viento, diferencia de temperatura interior – exterior y operaciones de aplicaciones o dispositivos.

### ***Ventilación y cargas térmicas***

El aire exterior introducido en una edificación forma parte de la carga de acondicionamiento del espacio, la cual es una razón para limitar la cuota de intercambio de aire en las edificaciones a un mínimo requerido. El intercambio de aire típicamente representa de un 20% a un 40% de la carga térmica de la edificación.

El intercambio de aire incrementa la carga térmica de una edificación de 3 maneras:

La primera, el aire entrante debe ser calentado o enfriado desde la temperatura del aire exterior a la temperatura del aire interior. La tasa de consumo de energía está dada por:

$$q_s = 60 Q \rho C_p \Delta t$$

$q_s$  = carga de calor sensible bth/hr, Donde

$Q$  = tasa de flujo de aire, cfm.

$\rho$  = densidad de aire, lbm/ft<sup>3</sup> (aprox. 0.075)

$C_p$  = calor específico del aire, Btu/lb<sup>o</sup>f (aprox 0.24)

$\Delta t$  = diferencia de temperatura interior – exterior, ° F.

Segundo, el intercambio de aire incrementa el contenido de humedad, particularmente en verano y en algunas áreas cuando el aire húmedo del exterior debe ser deshumidificado. El consumo de energía asociada con estas cargas está dado por:

$$q_1 = 60 Q h_{fg} \Delta W$$

Dónde:

$q_1$  = carga de calor latente, Btu/h

$h_{fg}$  = calor latente de vapor a la temperatura del aire apropiado, Btu/lbm (aprox. 1.000)

$\Delta W$  = radio de humedad de aire interior menos el radio de humedad del aire exterior, lbm agua/ lbm aire seco.

Finalmente el intercambio de aire puede incrementar la carga en una edificación, disminuyendo el rendimiento del sistema de envoltura o aislamiento. El aire fluyendo alrededor y a través del aislamiento puede incrementar la tasa de transferencia sobre las tasas de diseño. El efecto de dicho flujo de aire en el rendimiento del sistema de aislamiento es difícil de cuantificar, pero debe ser considerado. El flujo de aire en el sistema de aislamiento puede disminuir también el rendimiento del sistema debido a la humedad condensada dentro y sobre el aislamiento.

### ***Ventilación y calidad de aire***

Los requerimientos del aire exterior han sido discutidos por más de un siglo, y diferentes estudiosos han producido estándares de ventilación radicalmente diferentes (Klauss et al 1970, Yaglou 1936, 1937). Las consideraciones han incluido la cantidad de aire requerido para remover aire exhalado y para controlar la humedad interior, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y olor.

El mantenimiento de los niveles de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es un criterio común para determinar la cuota de ventilación. Una concentración típica exterior del CO<sub>2</sub> es 0.03 %. El estándar 62 de la ASHRAE especifica la tasa de ventilación requerida para mantener una aceptable calidad del aire interior para una variedad de usos de espacios. La norma contiene un requerimiento básico de 15 cfm de aire exterior por persona basado en un límite de concentración de CO<sub>2</sub> de 0,1 %.

Mientras una persona de salud normal tolera 0.5 % de CO<sub>2</sub> sin síntomas desagradables (Mc. Hattie 1.960) y los submarinos algunas veces operan con 1% de CO<sub>2</sub> en la atmósfera a nivel de 0.1 % provee un factor de seguridad para actividad continua, carga de ocupación inusual, ventilación reducida y control de olores.

Alternativamente la norma 62 puede ser completada manteniendo la concentración de ciertos contaminantes dentro de los límites prescritos por la norma, por medio de la combinación de control de fuentes, tratamiento del aire y ventilación.

En caso de fuentes contaminantes de alto nivel, prácticamente se requieren altos niveles de ventilación para controlar los niveles de contaminación, ya que otros métodos de control son más efectivos. Una efectiva forma de control es la remoción o reducción de fuentes contaminantes, otra alternativa es especificar materiales de construcción con bajas cuotas de emisión de contaminantes.

### ***Mecanismo de funcionamiento***

La ventilación natural y la infiltración son producidas por diferencias de presión causadas por viento, diferencias de temperatura entre el aire del interior y el aire del exterior (efecto de chimenea), y la operación de equipos como dispositivos de combustión y sistemas de ventilación mecánica.

Las diferencias de presión en una zona de depresión de la magnitud de estos mecanismos de funcionamiento, así también como de las características de las aberturas en el diseño de la edificación, su ubicación y la relación entre las diferencias de presión y el flujo de aire para cada abertura.

Las diferencias de presión a lo largo de la estructura de la edificación están basadas en los requerimientos de que el flujo de la masa de aire que entra en la edificación es igual a la masa que fluyen hacia fuera.

En general la diferencia de densidad entre las interiores y las exteriores pueden ser descartadas, tal que la tasa de flujo de aire volumétrico que entra al edificio se

igual a la tasa de aire volumétrico que sale. Asumiendo que las diferencias de presión de la envoltura puedan ser determinadas siempre, tal determinación requiere una gran cantidad de información detallada que sencillamente es imposible de obtener.

Cuando el viento choca contra una edificación produce una distribución de presiones estáticas sobre la superficie exterior de la edificación, la cual depende de la dirección del viento y de la ubicación en el exterior de la edificación.

Cuando existe una diferencia de temperatura interior – exterior, se impone un gradiente en la diferencia de presión. Esta diferencia de presión  $\Delta p_i$  es una función de la altura y la diferencia de temperatura.

#### **4.3.8. Variación de las condiciones de trabajo por ambiente**

Durante la jornada de trabajo pueden variar las condiciones ambientales o el consumo metabólico, al realizar tareas diferentes o en diferentes ambientes. En estos casos se debe hallar el índice WBGT o el consumo metabólico, ponderados en el tiempo, aplicando las expresiones siguientes:

Esta forma de ponderar sólo puede utilizarse bajo la condición de que:

Esto se debe a que las compensaciones de unas situaciones térmicas con otras no ofrecen seguridad en periodos de tiempos largos. Adecuación de regímenes de trabajo – descanso. Cuando exista riesgo de estrés térmico según lo indicado, puede establecerse un régimen de trabajo-descanso de forma que el organismo pueda restablecer el balance térmico.

Esta situación corresponde a un índice WBGT tan alto, que ni siquiera con un índice de actividad relativo al descanso (< 100 kcal 1hora) ofrece seguridad. Debe adecuarse un lugar más fresco para el descanso.

La aclimatación al calor es un proceso de adaptación fisiológica que incrementa la tolerancia a ambientes calurosos, fundamentalmente por variación del flujo de sudor y del ritmo cardíaco. La aclimatación es un proceso necesario, que debe realizarse a lo largo de 6 ó 7 días de trabajo, incrementando poco a poco la exposición al calor.

Cuando la situación de trabajo no se adapte al campo de aplicación del método, es decir, que la velocidad del aire o el vestido sean muy diferentes de lo indicado, debe recurrirse a métodos más precisos de valoración.

<b>LIMITES PERMISIBLES PARA LA CARGA TERMICA</b> Valores dados en °C grados - TGBH			
<b>Régimen de trabajo y descanso</b>	<b>Tipo de Trabajo</b>		
	<b>Liviano (menos de 230 W)</b>	<b>Moderado (230-400W)</b>	<b>Pesado (mas de 400W)</b>
Trabajo continuo	30,0	26,7	25,0
75% trabajo y 25% descanso cada hora	30,6	28,0	25,9
50% trabajo y 50% descanso cada hora	31,4	29,4	27,9
25% trabajo y 75% descanso cada hora	32,2	31,1	30,0

Figura 15. Límites permisibles para la carga térmica  
Fuente. Tecnología de refrigeración y aire acondicionado-Tomo 1 (2013).

En el caso de superar las temperaturas máximas según el tipo y régimen de trabajo se deben implementar las medidas correctivas correspondientes tales como:

- Rotación del personal.

- Entrega de ropa y equipos de protección personal especiales.
- Colocación de barreras protectoras que impidan la exposición a radiaciones.
- Adecuación del ambiente, mediante un sistema de refrigeración.

#### **4.3.9. Los métodos instrumentales de evaluación**

La aplicación de este método no es uniforme existen distintos criterios de los cuales describiremos algunos, tales como: NIOSH ACGIH OSHA ISO.

##### ***Criterio NIOSH***

El NIOSH, utilizando el método del WBGT, determinó un nivel promedio para una exposición continua de una hora de duración o intermitente durante un tiempo de dos horas, de 26,1°C por encima del cual las personas expuestas deben seguir un proceso de aclimatación, beber agua y tomar sal, usando ropa de protección, (previamente se debe tratar de reducir las cargas térmicas ambientales sobre la persona).

##### ***Criterio AACHS***

El "Atandard Advisory Committe en Heat Stress" aconseja, para los casos de tareas con carga térmicas, teniendo en cuenta la velocidad del aire y el tipo de trabajo, cuando este se efectúe en distintos ambientes en la misma jornada laboral, el cálculo del índice WBGT, debe ser hecho utilizando el período de dos horas más caluroso de la jornada.

### **Criterio ACGIH**

La ACGIH en sus tablas TLVS, las temperaturas determinadas por el método WBGT propuestas para la persona que se encuentre aclimatada o no, se rigen por diferentes normas establecidas. El índice de estrés térmico se obtiene de: La carga térmica soportada en WBGT / (sobre) La carga máxima que pueda soportarse en la tarea

### **Criterio OSHA**

La falta de valores que evalúen la incidencia de la velocidad del aire hace que en determinados casos los resultados obtenidos no lleguen a ser correctos, por ello la OSHA, introdujo en la normalización de este índice este factor. Carga de trabajo baja velocidad del aire (Hasta 90 m/min).

#### **4.3.10. El ambiente en relación a la constitución corporal**

Las personas obesas debido su relación entre la superficie cutánea y el peso del cuerpo es relativamente baja, dado que la disipación del calor es en función de la superficie y la producción interna del calor, del peso, el hombre corpulento está en desventaja ya que como es evidente la relación entre la superficie y el volumen corporal menor que en el resto de la población. Las personas obesas son las que con mayor frecuencia sufren síncope por calor, que el promedio del resto de la población, debido a que el sistema circulatorio y a la menor proporción de superficie desde la cual se disminuye la carga térmica por evaporación, como se aprecia no tiene participación la capa adiposa subcutánea en la limitación de la disipación del calor, dado que el calor que proviene del interior del cuerpo se transporta por medio de la sangre y no por conducción a través de esta capa.

## ***Efectos de las altas temperaturas***

Cuando el calor que el organismo entrega al medio ambiente es menor a la cantidad de calor que este recibe o genera por medio del metabolismo total (considerando el metabolismo basal más el metabolismo correspondiente a la labor que efectúa), el organismo tiende a aumentar su propia temperatura.

Para evitar la hipertermia que esto genera, (aumento de la temperatura corporal), el organismo pone en marcha una serie de mecanismos, de los cuales citaremos:

- Vaso dilatación sanguínea
- Activación de las glándulas sudoríparas
- Aumento de la circulación periférica, (pudiendo llegar hasta 2,6 l/min/m<sup>2</sup>.)
- Modificación electrolítico de la transpiración, (donde la pérdida de ClNa puede llegar hasta 15 g/l.)

Las consecuencias de la hipertermia son muchas y variadas dentro de ellas citaremos:

- Trastornos psiconeuróticos.
- Trastornos sistemáticos o Agotamiento por efecto del calor:
  - Anhidrosis
  - Deshidratación
  - Desalinización
  - Deficiencia circulatoria
  - Calambres por efecto del calor
  - Golpe de calor (hiperpirexia)

- Trastornos de piel
  - Erupciones
  - Quemaduras

### ***Efectos de las bajas temperaturas***

Cuando a la inversa que en el punto anterior el calor entregado por el cuerpo al medio ambiente es mayor que el calor recibido o producido (considerando el metabolismo basal más el metabolismo correspondiente a la labor que se efectúa), el cuerpo se enfría y para evitar la hipotermia (descenso de la temperatura del cuerpo), el organismo pone en funcionamiento una serie de mecanismos de los cuales podemos señalar:

- Vaso-constricción sanguínea, (reducción de la entrega de calor al exterior)
- Desactivación de la transpiración
- Disminución de la circulación sanguínea periférica
- Temblores
- Autofagia de los tejidos grasos almacenados, transformación de los lípidos (grasas) a glúcidos de metabolización directa.
- Arrollamiento o encogimiento (forma de presentar menos superficie (piel) de contacto al medio ambiente.

#### **4.3.11. Normas para las condiciones de trabajo por temperatura y humedad**

En procedimiento para mantener las condiciones atmosféricas en buen estado de confort es denominado acondicionamiento del aire.

El acondicionamiento del aire y climatización, permite establecer las condiciones del medio ambiente óptimas en los lugares de trabajo, ya sea mediante la regulación automática de la temperatura y su grado de humedad, como también de su renovación y purificación a través del intercambio con la atmósfera exterior.

Casi toda la bibliografía de acondicionamiento del aire toma las mismas variables temperatura-humedad, en algunos casos partículas en suspensión pero salvo alguna muy especializada el tema de presión, factor sumamente importante y poco investigado, sobre todo para las pequeñas oscilaciones al nivel del mar que resultan sumamente molesta con el contenido de humedad y temperaturas (costas y climas subtropicales).

La temperatura ideal para realizar una tarea en particular siempre dependerá del hombre que la lleve a cabo, (su estado físico, su aclimatación su costumbre, etc.)

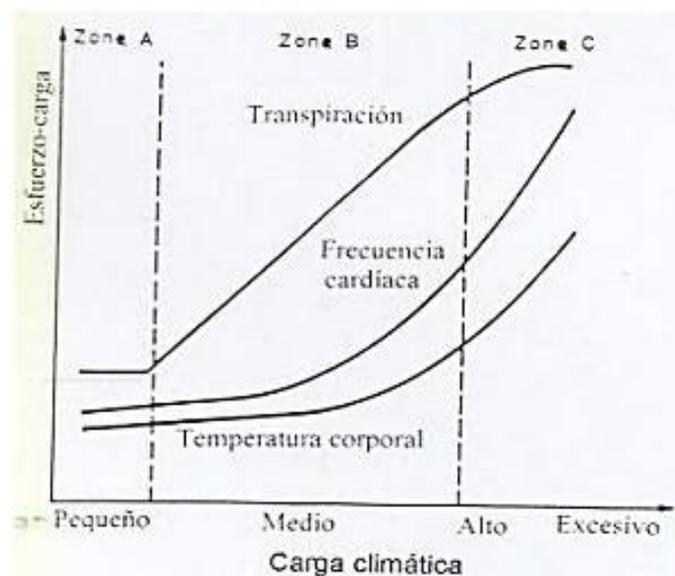


Figura 16. Diagrama Esfuerzo-Carga  
Fuente. Fuente. Tecnología de refrigeración y aire acondicionado-Tomo 1 (2013).

Cada autor aconseja la temperatura de acorde a su origen, (medio ambiente de su lugar de trabajo o investigación), la mayoría de los datos que se cuentan en el país provienen del hemisferio norte, donde se por ejemplo se da como recomendación para tareas en oficina o trabajos sedentarios la temperatura debe variar entre 16 y 20 °C, mientras que en la actividad industrial entre 12 y 15 °C.

Existen indicaciones sobre las temperaturas mínimas aconsejadas para diferentes puestos de trabajo sin dar indicaciones sobre la humedad relativa ambiente, por ejemplo:

- para tareas predominantemente de sentado + 19 ° C
- para tareas predominantemente de parado + 17 ° C
- para tareas de gran esfuerzo corporal + 12 ° C
- para: tareas en oficinas + 20 ° C
- para tareas en locales de venta + 19 ° C

En épocas calurosas los valores antes dados deben ser sobre pasados en función a la mayor temperatura exterior aunque estas fueran salas refrigeradas.

Es aconsejable que la temperatura de las habitaciones calefaccionadas de todo edificio no exceda de los 24 ° C pues no se justifica por razones de confort valores mayores y además no sobrecargar el salto térmico entre el interior y el exterior cuando salgan las personas del edificio, también se recomienda que la velocidad de movimiento del aire en los lugares de trabajo no exceda de 0,1 m/s, también la humedad relativa por razones fisiológicas debe estar acotada entre 40 y 65%. Hay que tener en cuenta que valores menores producen el resecaamiento del ojo y de las vías respiratorias, y valores superiores disminuyen la posibilidad de evaporación de la transpiración, disminuyendo el confort del medio ambiente.

#### 4.3.12. Consideración del clima

Todo estudio tiene que tener en cuenta que la aclimatación ofrece ventajas tales como:

- Costos de fabricación más bajos.
- Mejor calidad del producto.
- Protección adicional al material en proceso o almacenado.
- Mayor comodidad y eficiencia laboral.
- Mejor salud promedio de los trabajadores.

Como inicio de la tarea se debe comenzar como es lógico con la recopilación de datos, tales como:

- Medio ambiente de trabajo, tipos de fuentes de calor y su locación
- Extensión en el tiempo de las condiciones de estrés térmico, intermitencia o continuidad, si son ocasionales o repetitivas y el alcance o localización de estas condiciones.
- Características de las personas expuestas, sexo, edad, condicione físicas, obesidad, ropa de trabajo, etc.
- Para luego actuar sobre las probables medidas de corrección:
  - Sistema de evaluación del calor
  - Ventilación general
  - Ventilación localizada (extracción)
  - Acondicionamiento del aire
  - Pantallas de fuentes de calor radiante
  - Reducir la cantidad de trabajos corporales

- Establecer medidas de alternancia (permitir a los trabajadores cambiar la zona de trabajo en forma preestablecida y de tarea)
- Dar al personal elementos de protección personal
- Cambiar el proceso de trabajo, por otro de distinta tecnología (que no posea carga térmica o esta asea menor, etc.

Se debe tener en cuenta en los estudios la íntima relación existente entre la temperatura y la humedad, (el clima caliente se soporta con más facilidad si la humedad es baja).

#### **4.3.13. Introducción analítica de campo previa al desarrollo práctico**

La ciudad de Ibarra, donde se ubica la Universidad y por lo tanto el laboratorio en intervención, tiene una temperatura promedio anual de 18°C con variaciones que van desde los 14°C a los 24 °C (de acuerdo la página web [www.ibarraecuador.gob.ec](http://www.ibarraecuador.gob.ec)), obviamente que esta situación se vive al exterior, el laboratorio de autotrónica del laboratorio de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz de la mencionada Universidad, tiene una ubicación Sur-Oeste por lo que a determinadas horas del día recibe directamente la luz solar y en otras, queda expuesta a la sombra, razón por la cual tiene importantes variaciones de temperatura durante el transcurso de una jornada diaria típica.

Si bien, la temperatura promedio del exterior del laboratorio es confortable para el ser humano (21 °C), dentro se viven condiciones muchas veces adversas, producto del uso de equipos electrónicos los cuales durante su uso emiten radiación lo que tiende a aumentar la temperatura haciendo que el ambiente no sea el óptimo tanto para las personas como equipos.

Lo anterior implica que la climatización propuesta se base más en evacuar calor hacia zonas donde no tiene importancia que en adicionarlo, esto implica que lo

importante es disminuir la temperatura del recinto y no aumentarla, ya que el aumento se produce solo, al utilizar los equipos electrónicos o mediante la emisión del propio cuerpo humano.

Considerando lo anterior, es que la climatización propuesta se basará en la instalación de equipos de aire de acondicionado que permitan evacuar el calor excesivo sin considerar equipos que permitan aumentarla.

Factores Básicos a considerar para la instalación del aire acondicionado:

- Clima
- Área a climatizar
- Carga térmica
- Personas (estimado en personas)
- Simuladores

Las fuentes de calor normalmente existentes en el laboratorio son las siguientes:

Concepto	Cantidad	Factor (temperatura o ganancia)	Total
Volumen del recinto	91 Mts <sup>3</sup>	230 BTU/h	20.930
Ventanas	2	714 BTU/h	1.428
Personas	10	500 BTU/h	5.000
Simuladores	10	400 BTU/h	4000
Total			31.358 BTU/h

Tabla 11. Valores de calor a considerar en un taller.  
Fuente. Realizada por el investigador (2015).

#### **4.3.14. Cálculo de rendimiento de los aires acondicionados de acuerdo a las variables anteriores**

Cap. Aire Acondicionado = La capacidad del sistema de aire acondicionado deberá ser igual o superior al resultado de la siguiente fórmula:

*Capacidad = (volumen\*factor de temperatura)+(N° de personas y equipos\*factor de ganancia y pérdidas aportados por cada persona y equipo.*

- **CÁLCULO DE CAPACIDAD**

Para realizar el cálculo de capacidad se debe tener en cuenta lo siguiente:

- 1kW = 860 kcal/h
- 12.000 BTU/h = 1 TON. DE REFRIGERACIÓN
- 1 kcal = 3,967 BTU
- 1 BTU = 0,252 kcal
- 1kcal/h = 3,967 BTU/h
- 1HP = 642 kcal/h

**Fórmula:  $C = 230 \times V + (\# \text{ PyE} \times 476)$**

***Dónde:***

230 = Factor calculado para América Latina "Temperatura máxima de 40°C" (dado en BTU/hm<sup>3</sup>).

V = Volumen del ÁREA donde se instalará el equipo, Largo x Alto x Ancho en metros cúbicos m<sup>3</sup>.

# PyE = # de personas + Electrodomésticos instalados en el área.

476 = Factores de ganancia y perdida aportados por cada persona y/o electrodoméstico (en BTU/h)

En este caso, para instalar el aire acondicionado se obtuvo las siguientes medidas del área del laboratorio:

Largo: 11.10 m

Ancho: 3.10 m

Altura: 2.6 m

Personas: 10 (variable).

Equipos: 10 (variable).

**Operando:**

$$V = 11.00 \times 3.10 \times 2.40 \text{ m} = 81.66 \text{ m}^3$$

$$\# \text{ PyE} = 20$$

$$C = (230 \times 81.66) + (20 \times 476)$$

$$C = 18781 + 9520$$

$$C = 28300 \text{ BTU/h.}$$

Necesidades de climatización= 28300 BTU/h.

De acuerdo a los cálculos anteriores, donde la necesidad de refrigeración equivale a 28300 BTU/h, es que se tomó la decisión de instalar 2 aires acondicionado de 14.000 BTU/h c/u marca Prima tipo Split.

- ***Conexión de los equipos***

**a) Requisitos técnicos de la instalación unidad interior**

Ubicación: lejos de puertas, ventanas y luz directa solar, no debe haber ningún obstáculo que bloquee la circulación del aire.

Distancias respecto de paredes y techo:

Respecto del techo: Mínimo 15 cm.

Respecto de la pared anterior: Mínimo 12 cm.

Respecto de las paredes laterales: 12 cm.

Respecto al piso: 1.80 m

**b) Unidad exterior**

Se debe contar con un toldo sobre la unidad para evitar la luz directa del sol o lluvia, tener cuidado de que la radiación de calor del condensador no esté obstruida.

Respecto de la unidad interior: 80 cm vertical

Respecto de la pared anterior: 30 cm.

Respecto de paredes laterales: 60 cm.

Respecto de paredes frontales: 200 cm.

### c) **Conexión eléctrica**

Debe conectarse a una fuente de tres fases de 220v, exclusivamente para el equipo con conexión a tierra.

- ***Aire acondicionado split prima (modelo usado en la aplicación práctica de la tesis).***



Figura 17: Aire acondicionado marca Prima.  
Fuente. Foto tomada por el investigador (2015).

**a) Características técnicas**

- Movimiento automático de rejillas 360°
- Encendido y apagado automático
- Sistema Nano Silver Filter
- Generador ION negativo
- Menor consumo eléctrico
- Compresor galvanizado
- Filtro antibacterial
- Control remoto
- Voltaje: 220 vatios
- El consumo de energía anual según el fabricante es de 547,82 KWh en modo de refrigeración, la capacidad de refrigeración es de 3.517 KW, el índice de eficiencia energética es de 3,21.

**b) Temperatura operacional**

Temperatura	Modo	Operación de enfriamiento	Operación de calefacción	Operación de secado
Temperatura del dormitorio		17°C-32°C (62°F-90°F)	0°C-30°C (32°F-86°F)	10°C-32°C/ 50°F-90°F
Temperatura exterior		18°C-43°C (50°F-90°F)		11°C-43°C/ 52°F-109°F
		-7°C-43°C/20G-109°F (para modelos con sistema de temperatura de enfriamiento baja)	-7°C-24°C (20°F-76°F)	18°C-52°C/ 64°F-126°F (para modelos tropicales especiales)

Tabla 12: Valores de operación óptima del aire acondicionado.  
Fuente. Realizada por el investigador (2015).

**c) Especificaciones técnicas de mando a distancia**

Modelo	R51M/(C)E
Voltaje	3.0V (pilas alcalinas)
Voltaje mínimo de la señal emitida por la CPU	2.0V
Distancia de transmisión	8m (cuando usa 3.0V, hasta 11m)
Temperatura ambiente	-5°C- 60°C

Tabla 13: Valores de funcionamiento de mando a distancia.  
Fuente. Realizada por el investigador (2015).

**d) Funciones Generales**

- Modos de Operación: Auto, Refrigeración, Deshumidificación, Calefacción y Ventilador.
- Función de temporizador de 24h.
- Escala de temperatura interna: 17°C - 30°C.
- Función completa del LCD.

**e) Cuidado y mantenimiento**

**- Antes del Mantenimiento**

Apagar el sistema antes de limpiarlo, mismo que debe realizarse con un pañuelo suave y seco, no materiales ásperos ni abrasivos.

- **Precauciones**

Se puede utilizar un pañuelo humedecido con agua fría en la unidad interior, luego limpiar con un paño seco, no se debe utilizar paños tratados químicamente o plumeros, tampoco químicos como bencina, disolvente, polvo de pulido o disolventes similares, jamás se debe utilizar agua a más de 40°C para limpiar el panel frontal.

- **Limpieza del filtro de aire y filtro del ambientador**

1. Este proceso se lo debe realizar una vez al mes.
2. Se debe limpiar con aspiradora y luego secarlo. No se debe soplear.
3. Se debe cambiar cada 4-5 meses.

**f) Solución de problemas leves**

<b>Malfuncionamiento</b>	<b>Causa</b>	<b>Que se debe hacer</b>
La unidad no enciende	Corte de electricidad	Revisar la adecuada instalación eléctrica
	El fusible se quemó	reemplazar
	El control remoto no actúa	Revisar baterías
	El tiempo que seleccionaste en el TIMER es el equivocado	Esperar o cambiar el tiempo seleccionado
La unidad no enfría o caliente	Temperatura seleccionada incorrecta	Seccionar la temperatura correcta, usar guía de control remoto
	El filtro de aire está bloqueado	Revisar filtro
	Las entradas y salidas de aire de las unidades exterior e interior están bloqueadas	Limpiar las obstrucciones y reiniciar el equipo
	La protección del compresor de 3-4 minutos se ha activado	esperar

Tabla 14: Solución de fallas.  
Fuente. Realizado por el investigador (2015).

## **g) Información general del sistema**

Este sistema de aire acondicionado (Prima) posee varias ventajas de operación tales como un termostato que controla la operación desconectando el aparato una vez que se ha alcanzado la temperatura deseada y consiguiendo con esto un importante ahorro de energía, consta de un sistema inteligente, mediante el cual aparece en la pantalla las letras “EC”, esto hace referencia a que en la unidad exterior hay fuga de refrigerante, además existe servicio técnico en el país que asegura mantenimiento preventivo y rápida solución ante desperfectos.

### **4.4. Desarrollo práctico**

#### **4.4.1. Recopilación de datos**

Con equipos especiales en el área previa a la instalación del sistema de refrigeración. Fue de suma importancia tener estos datos para realizar los cálculos y conocer cuál era el mejor sistema de aire acondicionado para el taller.

Teniendo en cuenta las finalidades del mismo en su etapa terminal.



Figura 18: Medición de humedad.  
Fuente. Neurotonix (2012).



Figura 19: Medición de temperatura.  
Fuente. Desarrollado por el Investigador (2015).

**4.4.2. Adquisición de materiales** principales para climatización del laboratorio de autotrónica del taller de ingeniería en mantenimiento A.



Figura 20: Unidad exterior  
Fuente. Foto tomada por el investigador (2015).



Figura 21: Partes de la unidad exterior  
Fuente. Instalaciones eléctricas Román (2013).



Figura 22: Unidad Interior.  
Fuente. Foto tomada por el investigador (2015).

Su aire acondicionado puede verse ligeramente diferente al de la ilustración dependiendo de su modelo.

#### **Piezas principales**

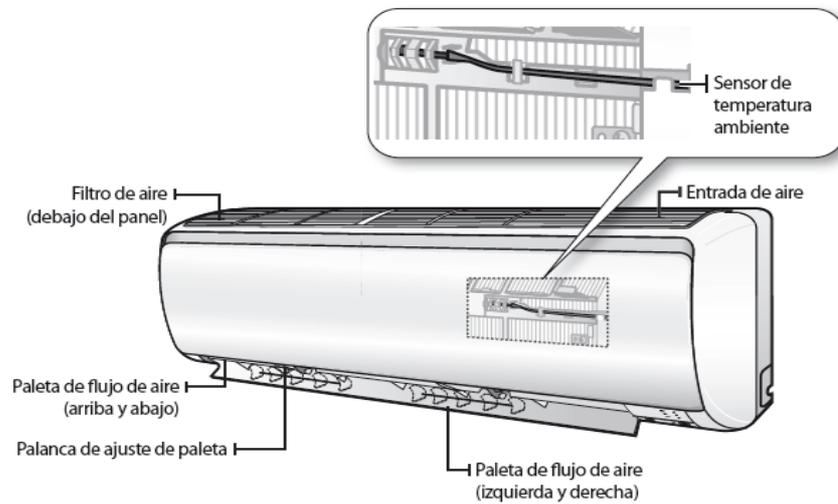


Figura 23: Partes de la unidad interior del aire acondicionado split.  
Fuente. Samsung (2014).



Figura 24: Cañerías de cobre 1/4" y 5/8".  
Fuente. Foto tomada por el investigador (2015).



Figura 25: Cables de instalación eléctrica  
Fuente. Foto tomada por el investigador (2015).

#### 4.4.3. Pasos para la instalacion de los aires acondicionados tipo split

a) Lo primero a relizarse fue el aislamiento de las entradas de aire encontradas en el techo, para conseguir un cierre cuasi hermético.



Figura 26: Techo con aislamiento de entradas de aire.  
Fuente. Foto tomada por el investigador (2015).

b) Se prosedio a colocar unos andamios a una altura estimada para poder pasar las cañerías hacia dentro del taller.



Figura 27: Preparación de herramientas de trabajo.  
Fuente. Foto tomada por el investigador (2015).

**c)** Después se procedió a soldar unas bases de 80cm de largo por 35cm de ancho cada una en un material de ángulo de 1/4 y una cubierta para asentar la unidad exterior misma que se procedió a asentar la en las bases con unos pernos de 2" \*1/4 con rodela plana y sus respectivas tuercas y cauchos para evitar las vibraciones de la unidad exterior del aire acondicionado tipo Split.



Figura 28: Unidad exterior colocada.  
Fuente. Foto tomada por el investigador (2015).

**d)** Después se procedió a fijar la unidad interior con unos tirafondos #8x1" en la pared.



Figura 29: Unidad interior colocada.  
Fuente. Foto tomada por el investigador (2015).

**e)** Luego se procedió a soldar una cañería de 5 /8 ya que esta era muy pequeña para poder conectar hacia la unidad exterior del aire acondicionado tipo Split, utilizando una varilla de cobre.



Figura 30: Barilla de cobre (AL 15).  
Fuente. Foto tomada por el investigador (2015).



Figura 31: Soldadura de cañerías.  
Fuente. Foto tomada por el investigador (2015).

**f)** Después se procedió a pasar las cañerías para su conexión mismas que llevaron su respectivo ajuste para evitar fugas de gas con dos llaves mixtas de

17mm en la cañería de 5/8 y respectivamente con la cañería de 1/4 con dos llaves de 12mm desde la unidad interior hacia la exterior.



Figura 32: Cañerías colocadas  
Fuente. Foto tomada por el investigador (2015).

**g)** Una vez conectadas todas las partes del sistema se procedió a la prueba de encendido de los aires acondicionados tipo Split.



Figura 33: Sistema de aire acondicionado terminado.  
Fuente. Foto tomada por el investigador.

**h)** Prueba de funcionamiento de los aires acondicionados tipo Split.



Figura 34: Prueba de funcionamiento por el investigador.  
Fuente. Foto tomada por el investigador (2015).

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

Los conocimientos básicos acerca de la termodinámica, fluidos y ciencias acorde al tema son de suma importancia al momento de desarrollar este trabajo de tesis, basado en el punto de referencia que no todos los sistemas de refrigeración se pueden adaptar a un mismo lugar y no todos los lugares necesitan de un mismo tipo de refrigeración.

El ambiente climático dentro del Laboratorio de Autotrónica de la Universidad Técnica del Norte es de un 85% de eficiencia de acuerdo a los datos obtenidos a lo largo de la investigación.

El buen desempeño de un aire acondicionado depende directamente del como este adecuada la infraestructura en la cual se lo va a colocar, la hermetización del laboratorio ayuda al buen funcionamiento del sistema de refrigeración, de igual manera se obstruye el paso de la radiación solar para evitar que cambie de temperatura el ambiente interior.

Con la implementación de los equipos se logró disminuir la temperatura en un 40%, y con la implementación del cielo falso disminuyo un 20%, obteniendo un total de 60% de disminución de temperatura llegando a tener 17 °C.

## **5.2. Recomendaciones**

En vista de ser un sistema complejo de refrigeración, no se debe pretender solucionar por sí mismo algún tipo de daño tanto físico como de software, sin tener el alto conocimiento que conlleva hacer una reparación de esta clase.

Realizar un mantenimiento periódico a los aires acondicionados para evitar el consumo excesivo del refrigerante.

Al utilizar el laboratorio asegurarse que la puerta y las ventanas estén completamente cerradas para evitar el intercambio de temperatura con el exterior.

Al manipular los equipos de aire acondicionado tener en cuenta el manual de operación para no producir daños al mismo, de igual manera para comprender las alertas que estos dan ya que cuentan con un sistema inteligente.

## Bibliografía

- Alarcón, J. (2010). *Tratado práctico de refrigeración*. España: Macombo.
- Budi, P. (2012). *Climatización*. Barcelona: Reverté.
- Buqué, F. (2011). *Refrigerantes y mezclas refrigerantes*. España: Marcombo.
- Elias, X. (2013). *Aspectos ambientales*. España: Diaz de Santos.
- Endara, J. (2004). *Calculo Cargas Termicas*. Obtenido de Proyectos termicos:  
<http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4183/fichero/2.-+anexo+calculo%252F5.-+calculo++cargas+termicas.pdf>
- Franco, J. (2012). *Manual de refrigeración*. Barcelona : Reverté.
- Gallegos, S. (2011). *Todo Refrigerantes*. Obtenido de Refriogerantes:  
<http://personales.unican.es/renedoc/Trasparencias%20WEB/Trasp%20Tec%20Frig/005%20Refrig%20y%20Salm.pdf>
- Lapuerta, M. (2011). *Frio industrial y aire acondicionado*. España: Universidad Castilla La Mancha.
- Leff, E. (2010). *Saber ambiental*. Barcelona: Reverté.
- Leiton, G. (2015). *Tu Aire acondicionado*. Obtenido de Como funciona tu aire acondicionado: <http://www.tuaireacondicionadoweb.com/como-funciona-un-aire-acondicionado/>
- Llorens, M. (2013). *Ingeniería térmica*. Macombo: España.
- Martin, Y. (2001). *Departamento de Química Analítica*. Obtenido de Operaciones Basicas en Laboratorios:  
<http://www.uv.es/gammmm/Subsitio%20Operaciones/7%20normas%20de%20seguridad.htm>
- Melo, J. (2003). *Higiene Laboral*. Obtenido de Carga termica:  
<http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=166>

- Ministerio de Industria Energía y Turismo. (2006). *Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios*. España.
- Miranda, Á. (2012). *Ciclos de refrigeración*. Barcelona: CEAC.
- Moreno. (2010). *Daikin Aires Acondicionados*. Obtenido de Daikin: <http://www.daikin.es/aire-acondicionado/funcionamiento/>
- Reina, P. (Junio de 2012). *Mundo Avacr*. Obtenido de Cargas Termicas: <https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2012/06/carga-termica/>
- Santiago, V. (2011). *Acondicionamiento térmico de edificios*. Argentina: Nobuko.
- Serrano, J. (2011). *Manual del aire acondicionado*. Buenos Aires: MG.
- Trejo. (2013). *Tu aire acondicionado*. Obtenido de Acondicionamiento: <http://www.tuaireracondicionadoweb.com/como-funciona-un-aire-acondicionado/>
- Tu aire acondicionado*. (2013). Obtenido de Acondicionamiento: <http://www.tuaireracondicionadoweb.com/como-funciona-un-aire-acondicionado/>
- Vidal, F. (2011). *Sistemas de seguridad y confortabilidad*. España: Editex.
- Alarcón, J. (2010). *Tratado práctico de refrigeración*. España: Macombo.
- Budi, P. (2012). *Climatización*. Barcelona: Reverté.
- Buqué, F. (2011). *Refrigerantes y mezclas refrigerantes*. España: Marcombo.
- Elias, X. (2013). *Aspectos ambientales*. España: Diaz de Santos.
- Endara, J. (2004). *Calculo Cargas Termicas*. Obtenido de Proyectos termicos: <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4183/fichero/2.-+anexo+calculo%252F5.-+calculo++cargas+termicas.pdf>
- Franco, J. (2012). *Manual de refrigeración*. Barcelona : Reverté.

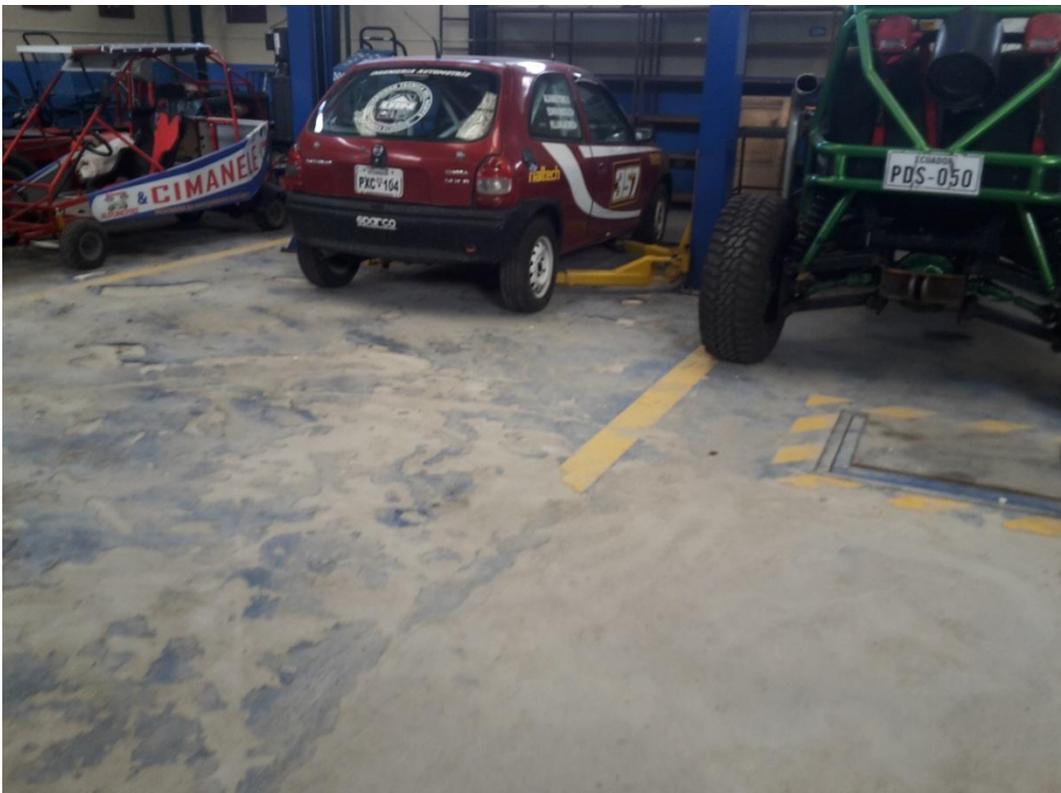
- Lapuerta, M. (2011). *Frio industrial y aire acondicionado*. España: Universidad Castilla La Mancha.
- Leff, E. (2010). *Saber ambiental*. Barcelona: Reverté.
- Leiton, G. (2015). *Tu Aire acondicionado*. Obtenido de Como funciona tu aire acondicionado: <http://www.tuaireacondicionadoweb.com/como-funciona-un-aire-acondicionado/>
- Llorens, M. (2013). *Ingeniería térmica*. Macombo: España.
- Martin, Y. (2001). *Departamento de Química Analítica*. Obtenido de Operaciones Basicas en Laboratorios: <http://www.uv.es/gammmm/Subsitio%20Operaciones/7%20normas%20de%20seguridad.htm>
- Melo, J. (2003). *Higiene Laboral*. Obtenido de Carga termica: <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=166>
- Ministerio de Industria Energía y Turismo. (2006). *Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios*. España.
- Miranda, Á. (2012). *Ciclos de refrigeración*. Barcelona: CEAC.
- Moreno. (2010). *Daikin Aires Acondicionados*. Obtenido de Daikin: <http://www.daikin.es/aire-acondicionado/funcionamiento/>
- Reina, P. (Junio de 2012). *Mundo Avacr*. Obtenido de Cargas Termicas: <https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2012/06/carga-termica/>
- Santiago, V. (2011). *Acondicionamiento térmico de edificios*. Argentina: Nobuko.
- Serrano, J. (2011). *Manual del aire acondicionado*. Buenos Aires: MG.
- Trejo. (2013). *Tu aire acondicionado*. Obtenido de Acondicionamiento: <http://www.tuaireacondicionadoweb.com/como-funciona-un-aire-acondicionado/>

*Tu aire acondicionado.* (2013). Obtenido de Acondicionamiento:  
<http://www.tuaireracondicionadoweb.com/como-funciona-un-aire-acondicionado/>

Vidal, F. (2011). *Sistemas de seguridad y confortabilidad.* España: Editex.

# ANEXOS







## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	<b>DE</b>	1003124094	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	<b>Y</b>	Edwin Mauricio Estévez Hinojosa	
<b>DIRECCIÓN:</b>		San Antonio	
<b>EMAIL:</b>		mauricio_peinadito@hotmail.com	
<b>TELÉFONO FIJO:</b>		2932714	<b>TELÉFONO MÓVIL</b>
DATOS DE LA OBRA			
<b>TÍTULO:</b>		CLIMATIZACIÓN DEL LABORATORIO DE AUTOTRÓNICA DEL TALLER DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ DE LA "UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE"	
<b>AUTOR (ES):</b>		Edwin Mauricio Estévez Hinojosa	
<b>FECHA: AAAAMMDD</b>		Julio 2015	
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO			
<b>PROGRAMA:</b>		<input checked="" type="checkbox"/> <b>PREGRADO</b>	<input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>		Ingeniero en Mantenimiento Automotriz	
<b>ASESOR /DIRECTOR:</b>		MSc. Carlos Mafla	

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Edwin Mauricio Estévez Hinojosa, con cédula de identidad Nro. 1003124094, en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

- El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, Julio 2015

**EL AUTOR:**

(Firma) 

Nombre: Edwin Mauricio Estévez Hinojosa

C.C. 1003124094

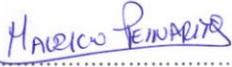


## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Yo, Edwin Mauricio Estévez Hinojosa, con cédula de identidad Nro. 1003124094 manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado titulado: CLIMATIZACIÓN DEL LABORATORIO DE AUTOTRÓNICA DEL TALLER DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ DE LA "UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE" que ha sido desarrollada para optar por el Título de Ingeniero Automotriz en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, Julio 2015

(Firma) .....   
Nombre: Edwin Mauricio Estévez Hinojosa  
Cédula: 1003124094