

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AIRE
ACONDICIONADO DE VOLUMEN DE REFRIGERANTE
VARIABLE CONDENSADO POR AIRE.**

Gabriel Osorio Mosquera

Ingeniería Mecatrónica

Director(es) del trabajo de grado

Adrián Felipe Martínez Pérez

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

Febrero de 2019

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.Ciclo de refrigeración por compresión de vapor (Pierre & Jacquard, 1999)	15
Figura 2.Compresor de desplazamiento positivo. (aucadenas, 2011)	18
Figura 3.Compresor dinamico (Gurrea, 2010).....	18
Figura 4.Compresores Reciprocantes. (Paz, 2014)	19
Figura 5. Compresor rotativo (LIRA, 2017)	19
Figura 6.Compresor centrifugo (Alvares lopez, 2010).....	20
Figura 7.Compresor de flujo axial (Vidsl, 2012)	20
Figura 8. Condensadoras por aire- (Holloway, 2017).....	22
Figura 9. Condensador por agua. (Monier, 2015).....	23
Figura 10.Condensadores por inmersión. (Gonzales, 2016)	23
Figura 11.Condensador de doble tubo. (Simec, 2014)	24
Figura 12.Condensadores multitubulares (Climatizacion y refrigeracion , 2015).....	25
Figura 13. Torre de enfriamiento (Control y calidad del agua en condensadores evaporativos, 2017)	25
Figura 14. Sistema de expansión por restrictor. (Lara, 2016).....	26
Figura 15. Sistema de expansión por tubo capilar. (Pinkston, 2014)	27
Figura 16. Válvula de expansión manual. (Pierre & Jacquard, 1999).....	28
Figura 17. Válvula de expansión con compensación de presión externa. (Fenshen, 1999).....	28
Figura 18. Válvula de expansión electromecánica (Fenshen, 1999)	29
Figura 19. Válvula de expansión automática. (Fenshen, 1999)	29
Figura 20. Evaporador por expansión directa. (Bill, 2009)	30
Figura 21. Evaporador Inundado (Bill, 2009).....	31
Figura 22.Sistema de aire acondicionado centralizado (Beatriz & daza, 2011).....	35
Figura 23.Sistema de aire acondicionado autónomo (Bembibre, 2010)	35
Figura 24. Equipo Ventana. (Granados, 2011).....	36
Figura 25. Equipo portátil. (Granados, 2011)	36
Figura 26. Equipo Split. (Granados, 2011).....	37
Figura 27.Equipo Central. (LOPEZ, 2017)	38
Figura 28. MiniSplit consola pared. (Granados, 2011).....	38
Figura 29. Equipo cassette de 3 vías (Granados, 2011)	39
Figura 30 Equipo cassette de cuatro vías (Granados, 2011).....	39
Figura 31.Equipo piso techo (Granados, 2011)	40
Figura 32.fan-coil desnudo (Fenshen, 1999).....	40

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Figura 33. Diagrama de flujo de Aire en lugares acondicionados (Hernandez, 2010)..... 41

Figura 34. Tabla de ingreso de datos iniciales en el programa Software Elite. (Cañeral, 2017) 48

Figura 35. Tabla de ingreso de datos iniciales en el programa Software Elite. (Cañeral, 2017) 49

Figura 36. Tabla de ingreso de datos iniciales en el programa Software Elite. (Cañeral, 2017) 50

Figura 37. Área a acondicionar. (Osorio, 2017) 60

Figura 38. Equipo tipo Cassette 4 vías 62

Figura 39. Conexión de equipos (Cañeral, 2017) 64

Figura 40. Diagrama unifilar (Cañeral, 2017) 64

Figura 41. Instalación de tubería de refrigeración (Osorio, 2017) 65

Figura 42. Instalación de los evaporadores (equipos cassette de 4 vías.) (Osorio, 2017) 66

Figura 43. Izada de condensadora (Osorio, 2017) 66

Figura 44. Vacío del sistema. (Osorio, 2017) 67

Figura 45. Distribución de sistema de aire independiente con sistema VRF. (Cañeral, 2017)... 68

LISTA DE TABLAS

Tabla 2. Características de clasificación del Standard 34 ASHARE. (Giraldo, 2018) 33

Tabla 3. Clasificación de seguridad de los refrigerantes. (Giraldo, 2018) 34

Tabla 4. Generadores de calor sensible y latente por el ser humano (Nogarada, 2014) 42

Tabla 5. Áreas para determinar la carga térmica (Osorio, 2017) 60

Tabla 6. Capacidad requerida en BTU 68

Tabla 7. Cantidad de equipos a instalar con sus respectivas capacidades. (Cañeral, 2017) 69

Tabla 8. Referencias de controles de cada evaporador. (Cañeral, 2017) 69

Tabla 9. Modelo de las Y Branch a instalar. (Cañeral, 2017) 70

Tabla 10. Cargas axiales del sistema. (Cañeral, 2017) 70

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

El proyecto consiste en realizar un diseño e instalación de un sistema de aire acondicionado de expansión directa condensado por aire, el cual cumpla con requerimientos de carga térmica para acondicionar una serie de oficinas las cuales están próximas a ser construidas, el espacio total de las oficinas es aproximadamente 199.06m² y se requieren adecuar con el objetivo de generar una sensación de confort al personal que allí está próximo a laborar.

El trabajo está dividido por capítulos en los cuales se describe paso a paso la formación del proyecto capítulo 2 se relata la breve historia de la formación de la empresa encargada de desarrollar el proyecto, en el capítulo 3 se relaciona el marco teórico del aire acondicionado donde se describen su creación (descubrimiento), los principios del funcionamiento y sus componentes principales. En el capítulo 4 se describe la metodología utilizada para desarrollar el proyecto desde Presentar una adecuada propuesta, el proceso de realizar una visita en campo para determinar la necesidad térmica requerida para acondicionar el área y se definen los espacios para la instalación de los equipos.

Después de seleccionar el espacio y la capacidad de los equipos se procede a determinar el sistema a instalar el cual sea de mejor eficiencia tanto en operación como en el requerimiento deseado por el cliente, ya que las oficinas son separadas y están destinadas por áreas, la altura máxima del techo es de 2.7m, se propone la instalación de un sistema VRF. Debido a la distribución del personal visualizada por el cliente y especificada en planos se determina la instalación de equipos cassette los cuales abarquen un tiro de acondicionamiento en cuatro diferentes direcciones y que su medio de manejo sea por control remoto los cuales en cada sector puedan determinar los tiempos de encendidos y apagados del equipo según su necesidad.

En el capítulo 5 se describen los resultados obtenidos donde se especifican los logros realizados el cual fue con la instalación en la cual se cumplió con el objetivo de adecuar un área, la cual se compone de un sistema VRF de expansión directa, por equipos cassette los cuales lograron una óptima eficiencia a la hora de funcionalidad, cumple con fáciles accesos para realizar el mantenimiento y se deja determinada una rutina de mantenimiento preventivo con el fin de garantizar la

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

óptima eficiencia de los equipos y que se prolongue su periodo de vida y funcionalidad. En el capítulo 6 se describen las conclusiones en la realización del trabajo y en el capítulo 7 se especifican todas las referencias que se utilizaron para la creación del proyecto.

Palabras clave: confort, carga térmica, aire acondicionado, calor latente, calor sensible, VRF, Azeotropo, Bulbo húmedo

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

A la empresa Serviefriaire por brindarme la oportunidad, la ayuda técnica y administrativa para llevar a cabo mi experiencia como aprendiz y proceder con un proyecto como el que me fue asignado, a la gerente Martha Luz Lopez Arango, quien en acompañamiento de los ingenieros de la empresa me brindaron las pautas y la confianza para liderar y llevar a cabo un buen proyecto.

Al asesor de prácticas Adrián Felipe Martínez Pérez, que por sus recomendaciones y sugerencias junto con un respectivo seguimiento me permitieron elaborar un adecuado informe.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS

EPT: Equipo piso techo

ECT: Equipo cassette

BTRN: Buitrón.

CT: Carga térmica

A&A: Aire acondicionado

TR: Tonelada de refrigeración

BTU: Unidad Térmica Británica

RH: Humedad relativa

CL: Calor latente

CS: Calor sensible

VRF: Volumen de Refrigerante Variable

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	¡Error! Marcador no definido.
OBJETIVO GENERAL	¡Error! Marcador no definido.
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	¡Error! Marcador no definido.
2. BREVE HISTORIA DE LA EMPRESA:	¡Error! Marcador no definido.
3. MARCO TEÓRICO	14
3.1 Confort humano	14
3.2 Ciclo de refrigeración por compresión de vapor:	15
3.3 Componentes del Ciclo de refrigeración.....	16
3.3.1 Compresores	16
3.3.2 Condensadores	21
3.3.3 Sistema de expansión	26
3.3.4 Evaporador	30
3.4 Refrigerante	32
3.5 Tipos de sistemas y condiciones de operación del aire acondicionado	34
3.6 Comportamiento del aire.....	41
3.7 Importancia de un diseño de aire acondicionado	43
3.8 selección e instalación de un sistema de aire acondicionado	44
3.9 Importancia de la instalación de un sistema de Aire acondicionado ..	44
3.10 ¿Qué es Elite software?	45
3.11 Teoría del mantenimiento:	51
3.12 Cálculo de la carga térmica para refrigeración:.....	53
3.13 Cuidados y recomendaciones del aire acondicionado.....	56
3.14 Contraindicaciones para evitar afectaciones por causas del aire acondicionado	58
4. METODOLOGÍA	59
4.1 Diagnóstico del proyecto:.....	59
4.2 Calculo de carga térmica.....	59
4.3 Selección de equipo y componentes.....	61
4.4 Instalación.....	63
4.5 Puesta a punto.....	67

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	68
6	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	71
7	REFERENCIAS	72
8	APÉNDICE	75

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1 INTRODUCCIÓN

Los sistemas de aire acondicionado permiten crear un ambiente artificial, el cual brinda un confort en el interior de un área específica. En el proyecto se desarrolló la metodología del diseño para acondicionar oficinas de un edificio que se encuentra sobre planos (no ha sido realizada su instalación). Este lugar será destinado para prestar un servicio de atención al público para atender emergencias, por ende se pretendía adecuar de la manera confortable para brindar una experiencia agradable tanto para las personas que van a trabajar como para las que se acercan a la sede.

El objetivo principal de este proyecto consiste en diseñar un sistema de aire acondicionado por expansión directa condensado por aire el cual supla con la carga térmica que se va a generar en dichas zonas de las oficinas, para desarrollar este proyecto se debe tener en cuenta una serie de procesos para la conformación completa del proyecto se debe realizar un diagnóstico de las condiciones del sitio de trabajo y la necesidad de acondicionar un área.

Con la información obtenida se debe realizar un cálculo de carga térmica a retirar del espacio a ser acondicionado, con base a este cálculo se selecciona el sistema que permita cumplir con los estándares de instalación y acondicionamiento deseado por el cliente.

Al instalar el sistema se realiza una puesta a punto los equipos en donde se les realizan un ajuste al sistema ya sea de potencia o de refrigerante el cual es fundamental para la transferencia térmica en el sistema después de esto se hace un arranque a los equipos y se dejan operando.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema eficiente de Aire Acondicionado de expansión directa condensado por aire.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diagnosticar las condiciones laborales requeridas en los sitios de trabajo para determinar la carga térmica.
- Calcular la carga térmica a retirar del espacio a acondicionar
- Seleccionar un sistema de acondicionamiento que permita cumplir con los estándares de instalación y acondicionamiento del cliente
- Instalar y poner a punto el sistema para su operación según estándares seleccionados para entregar a plena satisfacción del cliente.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2 BREVE HISTORIA DE LA EMPRESA:

Serviefriaire S. A

Serviefriaire es una de las empresa más conocidas en Medellín debido a que abarcando un papel importante en el mercado ya que realiza mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, montaje y diseño de sistema de A&A, brindando un servicio con altos estándares de calidad y garantía en cada uno de sus trabajos.

Esta empresa se caracteriza por su seriedad a la hora de cumplir con la entrega de trabajos, ya sea en la agilidad de realizar las labores de mantenimiento, montaje o diseño; hoy en día comprende clientes como lo son Comfama, Flamingo, Bancolombia, centro comerciales como lo son san Diego, los molinos, santa fe, Oviedo y El tesoro. Además de otras empresas y como hoteles, negocios, tiendas, bares y a personas naturales en sus hogares.

¿Qué es el aire acondicionado?

El aire acondicionado o acondicionamiento de aire, es un proceso que consiste en un tratamiento del aire de un lugar cerrado para generar una atmósfera agradable para quienes se encuentran en dicho espacio. Esta puesta en circulación de aire suma, además, la variación que se genera en la temperatura y en la humedad a partir de la entrada de aire frío y de la salida del aire más caliente. Hay dos tipos principales de sistemas de aire acondicionado: los centralizados (ver Figura 8) y los autónomos (ver Figura 9). Mientras que los segundos son los más comunes, se encuentran en las casas particulares, en locales, etc., los centralizados son los que dependen de un sistema centralizado consta generalmente de una unidad interior con una sola unidad exterior. Se climatiza toda una vivienda o local* distribuyendo el aire a las diferentes estancias o habitaciones a través de conductos por el falso techo que finalizan en rejillas. (Perez Porto, 2014)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Historia de sistema del Aire Acondicionado

Durante miles de años el hombre ha intentado vencer las incomodidades del calor y la humedad excesivos, pero fue en los primeros años del siglo pasado que se inició el acondicionamiento del aire. El acondicionamiento del aire se originó en 1902. Primero se utilizó para ayudar en los procesos industriales, como por ejemplo, en el hilado del algodón, en la producción de fibras sintéticas, para imprimir colores múltiples en diversos productos, etc. Se hizo popular en la década de los 20's, cuando cientos de teatros fueron equipados con sistemas de enfriamiento para atraer a los clientes durante los calurosos meses de verano. Desde entonces el aire se acondiciona en muchos lugares: escuelas, oficinas, industrias, casas, automóviles. La primera compañía de acondicionamiento de aire fue fundada por William H. Carrier en 1915. En la actualidad, la Carrier Corporation es uno de los líderes en la industria. La clasificación de los oficios siempre ha sido un problema. El referente al acondicionamiento de aire entra en la categoría de la construcción. Pero el trabajo de un mecánico en el acondicionamiento del aire no puede definirse con facilidad, ya que incluye los trabajos de muchas otras ramas de la construcción. Han asignado el poco atractivo título de montador de refrigeración a los muchísimos hombres y al creciente número de mujeres que se están convirtiendo en mecánicos de acondicionamiento de aire. La función principal del acondicionamiento de aire es mantener, dentro de un espacio determinado, condiciones de confort o precisión, o bien las necesarias para la conservación de un producto o para un proceso de fabricación. Para conseguirlo debe de instalarse un equipo acondicionador de capacidad adecuada y mantener su control durante todo el año. La capacidad del equipo se determina de acuerdo con las exigencias instantáneas de la máxima carga real o efectiva; el tipo de control a utilizar dependerá de las condiciones que deben mantenerse durante las cargas máximas y parciales. Generalmente, es imposible medir las cargas reales máxima o parcial en un espacio dado, por lo que es preciso hacer un cálculo estimado de dichas cargas. Antes de hacer la estimación de la carga es necesario realizar un estudio completo que garantice la exactitud de evaluación de las componentes de carga. Si se examinan minuciosamente las condiciones del local y de la carga real instantánea, podrá proyectarse un sistema económico, de funcionamiento uniforme y exento de averías (Monier, 2015)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3 MARCO TEORICO

3.1 Confort humano

Aunque el confort sea una sensación puramente subjetiva, es necesario constatar que un cierto número de factores determinan el confort físico, ya sea en el trabajo o en el descanso; los factores que influyen el confort térmico son:

- Temperatura del aire
- Temperatura media de radiación.
- Humedad del aire.
- Corrientes de aire.
- Renovación de aire.
- Limpieza del aire
- Tipo de vestimenta y tipo de actividad.

El confort que el ser humano percibe en un lugar determinado es muy complejo. La causa está en que intervienen diversos factores, Por un lado se encuentran los parámetros ambientales o de confort, lo que se podría definir como las características objetivas de un espacio determinado, que pueden valorarse en términos energéticos y que resumen las acciones que reciben las personas.

Los parámetros de confort se puedan analizar de forma independiente del usuario y objeto directo del diseño ambiental. Algunos de estos parámetros son específicos para cada sentido (térmico, acústico, visual) y permiten ser calculados con unidades físicas (grado centígrado, decibelios, lux), otros son los parámetros generales y afectan a todos los sentidos.

En un segundo grupo existen los factores de confort, las características que corresponden a los usuarios del espacio, y que son las condiciones externas al ambiente pero que influyen en la apreciación del ambiente por parte del usuario.

En estas condiciones personales los factores ambientales de confort están determinadas por las condiciones biológicas-fisiológicas (no poseerá la misma sensación de frío un esquimal que una persona mediterránea), las condiciones sociológicas (actividad, educación, moda, cultura) y psicológicas.

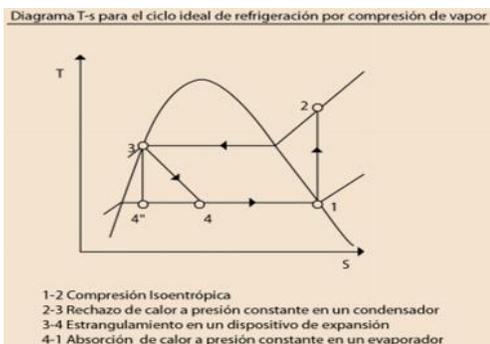
	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En resumen, el confort climático de un ambiente vendrá determinado de la combinación de los parámetros objetivos y los factores de confort personales. La temperatura corporal del ser humano es normalmente 37°C. Las personas se sienten cómodas cuando el nivel del calor del cuerpo es transferido a nuestros alrededores una tasa correcta. Cuando un cuerpo está en reposo y en un medio ambiente de 23°C, 50% de la humedad relativa con un ligero movimiento de aire, el cuerpo está cerca de sentirse confortable bajo condiciones de verano.

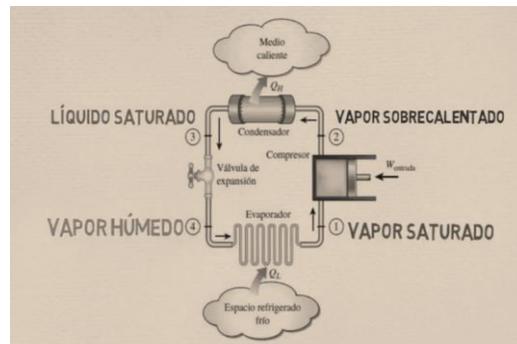
El estudio del aire y sus propiedades se llama psicometría. En el cual se especifica que el aire no es totalmente seco. El agua superficial y de lluvia conserva la humedad en la atmosfera. (Bill, 2009)

3.2 Ciclo de refrigeración por compresión de vapor:

- En el proceso de compresión, el fluido de trabajo solo debe estar en la fase de vapor.
- Para expandir el refrigerante es recomendable utilizar un dispositivo más económico y con cero mantenimientos (válvula de estrangulamiento o tubo capilar).
- La temperatura de condensación no debe limitarse a la zona de saturación. Muchos aspectos imprácticos asociados con el ciclo invertido de Carnot, se eliminan al evaporar el refrigerante completamente antes de que se comprima y al sustituir la turbina con un dispositivo de estrangulamiento, tal como una válvula de expansión o tubo capilar.



a. Diagrama



b. Esquema

Figura 1. Ciclo de refrigeración por compresión de vapor (Pierre & Jacquard, 1999)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Componentes que tiene un sistema de refrigeración por compresión de vapor: condensador, expansión, evaporador y compresor. Un evaporador donde se absorbe el calor a una baja temperatura al evaporarse (hervir) un líquido a baja presión. Un compresor que utiliza una energía mecánica para aumentar la presión del vapor. Un condensador donde se condensa el vapor de alta presión, desprendiendo calor a sus proximidades. Un dispositivo reductor de presión del líquido de retorno al evaporador, y que además controla el caudal.

Ciclo de refrigeración por compresión de vapor: En el proceso de compresión de vapor se realizan modificaciones al ciclo de Carnot basados en las siguientes consideraciones: En el proceso de compresión, el fluido de trabajo solo debe estar en la fase de vapor. Para expandir el refrigerante es recomendable utilizar un dispositivo más económico y con cero mantenimientos (válvula de estrangulamiento o tubo capilar). La temperatura de condensación no debe limitarse a la zona de saturación.

Carga térmica: se define como la cantidad de calor que debe ser retirada del sitio por refrigerar para reducir o mantener la temperatura deseada. En un área por acondicionar, la carga térmica se debe eliminar mediante enfriamiento.

En este sentido se puede establecer una primera clasificación de las cargas térmicas, según su incidencia:

- Cargas térmicas sensibles: aquellas que van a originar una variación en la temperatura del aire.
- Cargas térmicas latentes: las que van a originar una variación en la humedad absoluta del ambiente (contenido de agua en el aire).

3.3 Componentes del Ciclo de refrigeración

3.3.1 Compresores

Un compresor es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tales como gases y vapores.

Tipos de compresores:

Los compresores son equipos que incrementan la presión de un gas, un vapor o una mezcla de gases y vapores. La presión del fluido se eleva reduciendo el volumen específico del mismo durante su paso a través del compresor. Se emplean principalmente para refrigeración, acondicionamiento de aire, calefacción, transporte por tuberías, almacenamiento de gas natural, craqueo catalítico, polimerización y en muchos procesos químicos. Según la forma de compresión se clasifican en (ver diagrama 1):

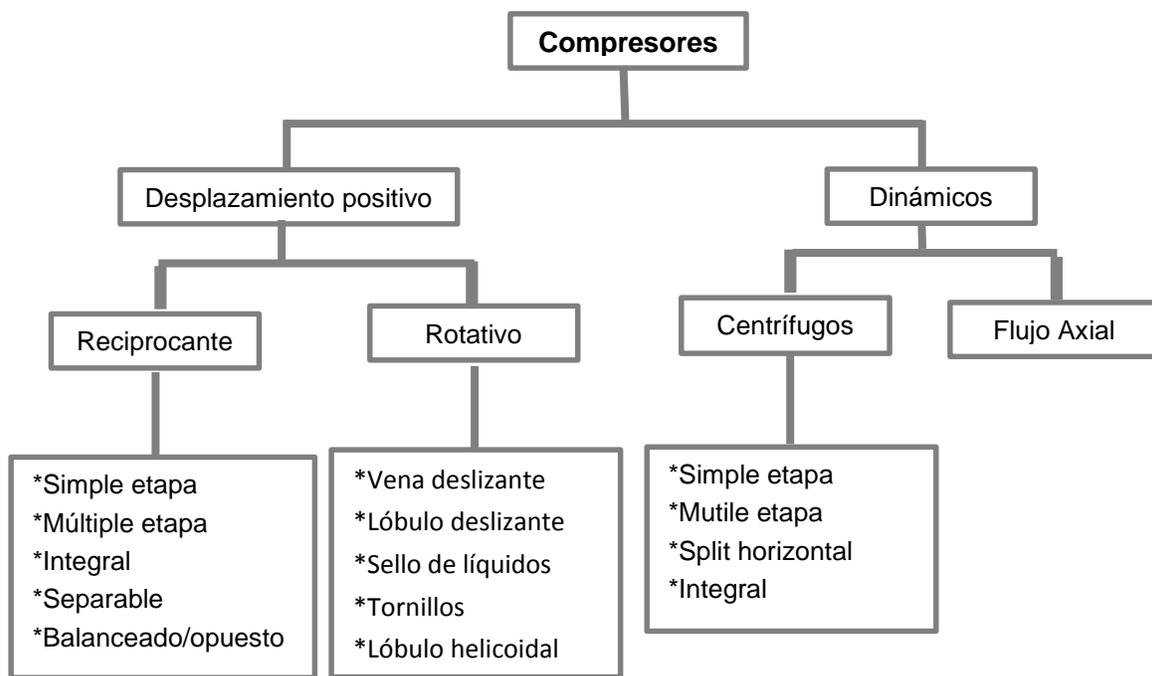


Diagrama 1. Diferentes tipos de compresor (Gurrea, 2010)

Compresores de Desplazamiento Positivo: Son compresores de flujo intermitente (ver figura 2), que basan su funcionamiento en tomar volúmenes sucesivos de gas para confinarlos en un espacio de menor volumen; logrando con este efecto, el incremento de la presión. Se dividen en dos grupos recíprocos y rotativos.

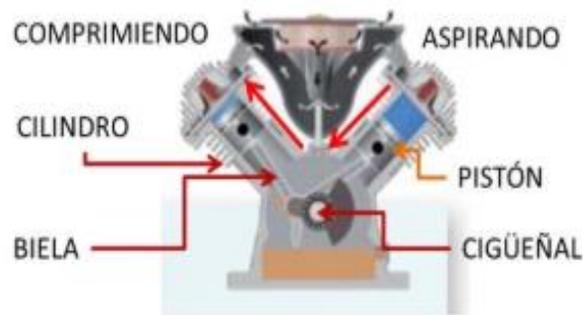


Figura 2. Compresor de desplazamiento positivo. (aucadenas, 2011)

Compresores Dinámicos: Son máquinas rotatorias de flujo continuo en la cual el cabezal de velocidad del gas es convertido en presión; estos compresores, se dividen de acuerdo al flujo que manejan en centrífugo (flujo radial) y axiales (flujo axial) y flujo mezclado (ver figura 3).



Figura 3. Compresor dinámico (Gurrea, 2010)

Compresores Reciprocantes: Es un compresor de desplazamiento positivo, en el que la compresión se obtiene por desplazamiento de un pistón moviéndose lineal y secuencialmente de atrás hacia adelante dentro de un cilindro; reduciendo de esta forma, el volumen de la cámara (cilindro) donde se deposita el gas; este efecto, origina el incremento en la presión hasta alcanzar la presión de descarga, desplazando el fluido a través de la válvula de salida del cilindro. El cilindro, está provisto de válvulas que operan automáticamente por diferenciales de presión, como válvulas de retención para admitir y descargar gas. La válvula de admisión,

abre cuando el movimiento del pistón ha reducido la presión por debajo de la presión de entrada en la línea. La válvula de descarga, se cierra cuando la presión en el cilindro no excede la presión de la línea de descarga, previniendo de esta manera el flujo reverso (ver figura 4).

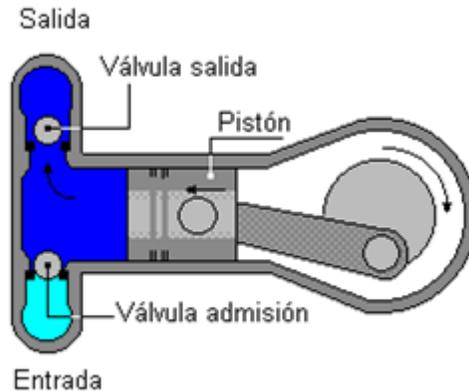


Figura 4. Compresores Recíprocos. (Paz, 2014)

Compresor rotativo: Un compresor rotativo de paletas es un tipo de compresor en el cual el rotor gira en el interior de un estátor cilíndrico. Durante la rotación, la fuerza centrífuga extrae las paletas de las ranuras para formar células individuales de compresión. La rotación reduce el volumen de la célula y aumenta la presión del aire (ver figura 5).

El calor que genera la compresión se controla mediante la inyección de aceite a presión. (LIRA, 2017)

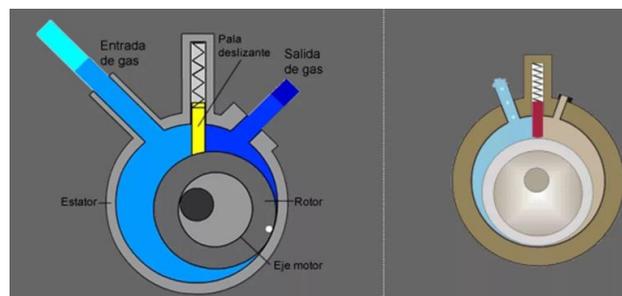


Figura 5. Compresor rotativo (LIRA, 2017)

Compresor centrífugo: Los compresores centrífugos, también llamados compresores radiales, son un tipo especial de turbo maquinaria que incluye bombas, ventiladores, o compresores. De forma ideal, un compresor centrífugo aumenta la presión del fluido a base de comunicarle energía cinética-energía/velocidad con el

rotor. Esta energía cinética se transforma en un incremento de presión estática cuando el fluido pasa por un difusor.

Los compresores centrífugos son sistemas de gran eficiencia que respetan el medio ambiente para sus necesidades de refrigeración (ver figura 6). (Mancini DI Meco, 2004)

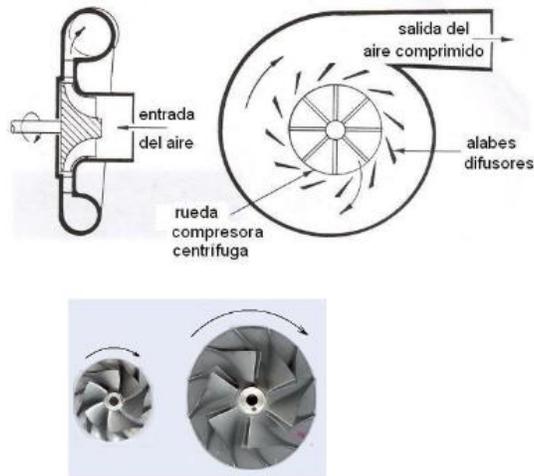


Figura 6. Compresor centrífugo (Alvares lopez, 2010)

Compresor de flujo axial: El compresor centrífugo axial es un compresor dinámico. En este compresor, el aire aspirado circula en paralelo al eje. Los compresores axiales están formados por varios discos llamados rotores. Entre cada rotor, se instala otro disco denominado estator, donde el aire acelerado por el rotor, incrementa su presión antes de entrar en el disco siguiente. En la aspiración de algunos compresores, se instalan unos álabes guía, que permiten orientar la corriente de aire para que entre con el ángulo adecuado (ver figura 7). (Mancini DI Meco, 2004)

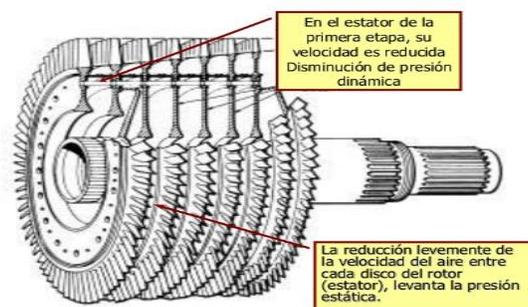


Figura 7. Compresor de flujo axial (Vidsl, 2012)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Selección del compresor:

- Para lograr una selección satisfactoria del compresor, debe considerarse una gran variedad de tipos, cada uno tiene ventajas específicas para alguna aplicación. Entre los principales factores que se deben tomar en consideración, se encuentran: la velocidad de flujo, la carga o presión, limitaciones de temperatura, el consumo de potencia, posibilidades de mantenimiento y costo. (LIRA, 2017)

Importancia a tener en cuenta para la selección del tipo de compresor

- Nivel de Potencia, disponibilidad Comercial del Compresor y costo de la instalación.
 - Flujo volumétrico – Presión de Descarga.
 - Requerimientos de tiempo de operación entre períodos de mantenimiento.
 - Características del Gas y del proceso.
 - Inyección de aceite lubricante en las corrientes de proceso – Los compresores que requieren lubricación interna (reciprocante).
 - Arrastre de líquido en gas de proceso y sólidos en gas de proceso – Los compresores más sensibles son el de aletas deslizante, los reciprocantes lubricados, y los centrífugos de alta velocidad.
 - Oscilaciones en peso molecular – Los compresores de desplazamiento positivo son relativamente insensibles; los compresores dinámicos tienen que ser diseñados anticipadamente para el rango de variación completo, y no son adecuados para variaciones amplias en operación normal.
- Temperatura de descarga del gas – Todos los tipos pueden ser diseñados con etapas múltiples para limitar la elevación de temperatura

3.3.2 Condensadores

El vapor refrigerante se comprime en el compresor. Cuando llega al condensador en forma de vapor, con una presión bastante elevada, se produce el intercambio de temperatura. De esta forma el calor refrigerante que absorbió el evaporador se desecha al medio ambiente (ver figura 8). Llegados a este punto el condensador tiene que pasar el refrigerante de vapor por un líquido saturado para que se

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

mantenga siempre en este estado. Esta es la función del condensador de aire acondicionado.

El condensador de aire acondicionado además debe cumplir tres puntos realmente importantes para su correcto funcionamiento:

- Contar con una área de intercambio lo suficientemente grande
- Tener una caída de presión mínima
- La transferencia de calor debe de realizarse de forma fácil y sencilla

Tipos de condensadores

Condensadores de aire: El aire es el medio de enfriamiento más barato que existe, ya que es gratis. Su bajo calor específico obliga a mover grandes volúmenes de aire y superficies de intercambio elevadas, razón por la que este tipo de condensadores no se utiliza en grandes instalaciones. En la práctica la temperatura de condensación T_c se sitúa de $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $9\text{ }^{\circ}\text{C}$ por encima de la temperatura del aire de salida T_o . (Simec, 2014)



Figura 8. Condensadoras por aire- (Holloway, 2017)

Condensadores de agua: Cuando la cantidad de calor a eliminar es grande, se utilizan los condensadores enfriados por agua. Esto es debido a que el calor específico del aire a la presión atmosférica es de $1\text{ kJ}/(\text{kg K})$ y el del agua de $4,18$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$\text{kJ}/(\text{kg K})$, por lo tanto, los condensadores que utilizan el agua como medio de enfriamiento requieren menor superficie de intercambio para eliminar la misma potencia térmica (ver figura 9).



Figura 9. Condensador por agua. (Monier, 2015)

Existen varios tipos de condensadores refrigerados por agua:

Condensadores de inmersión

Los condensadores de inmersión están formados por un envolvente metálico atravesado por serpentines, con alto coeficiente de transferencia de calor por conducción, que contienen el agua. El agua en este caso circula por el interior de los tubos y cede calor al refrigerante que se acumula, en estado líquido en la parte baja del condensador (ver figura 10). Este condensador, por tanto, funciona a su vez como depósito separador y permite la entrada única de líquido en el dispositivo de expansión de la instalación. El condensador puede disponerse de forma vertical u horizontal y los tubos pueden ser lisos o de superficies extendidas. El refrigerante condensado se recoge en el fondo del recipiente que como todos disponen de un indicador de nivel y de presión. (Simec, 2014)

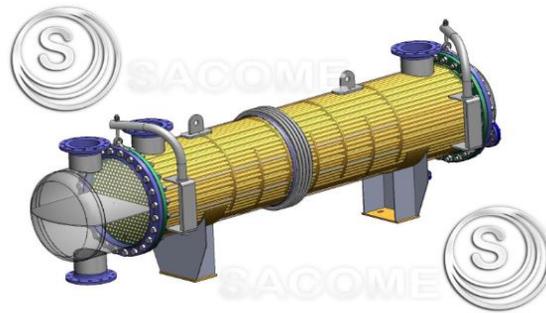


Figura 10. Condensadores por inmersión. (Gonzales, 2016)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Condensadores de doble tubo:

El condensador de doble tubo está formado por dos tubos concéntricos permitiendo que por el tubo interior circule el agua y por el tubo exterior el refrigerante a contraflujo. Los condensadores de doble tubo pueden disponerse, también, de manera vertical u horizontal. Este tipo de condensador está dotado de forma de espiral con lo que aumenta la turbulencia de los fluidos facilitando su intercambio térmico aunque, por otro lado, con pérdidas de carga. El hecho que la circulación sea a contracorriente permite que la parte más fría del refrigerante, líquido subenfriado, intercambie calor con el agua de entrada más fría, mientras que la parte caliente del refrigerante en estado gaseoso intercambiará calor con el agua caliente saliente del condensador. Estos condensadores incorporan un pequeño depósito en que el gas refrigerante se acaba de separar del líquido (ver figura 11).



Figura 11. Condensador de doble tubo. (Simec, 2014)

Condensadores multitubulares.

En los condensadores de agua, el refrigerante se condensa normalmente 5°C por encima de la temperatura del medio de enfriamiento saliente (agua de salida), y por otro lado el agua sufre un aumento de temperatura al pasar por el condensador de 5 a 30°C (ver figura 12).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

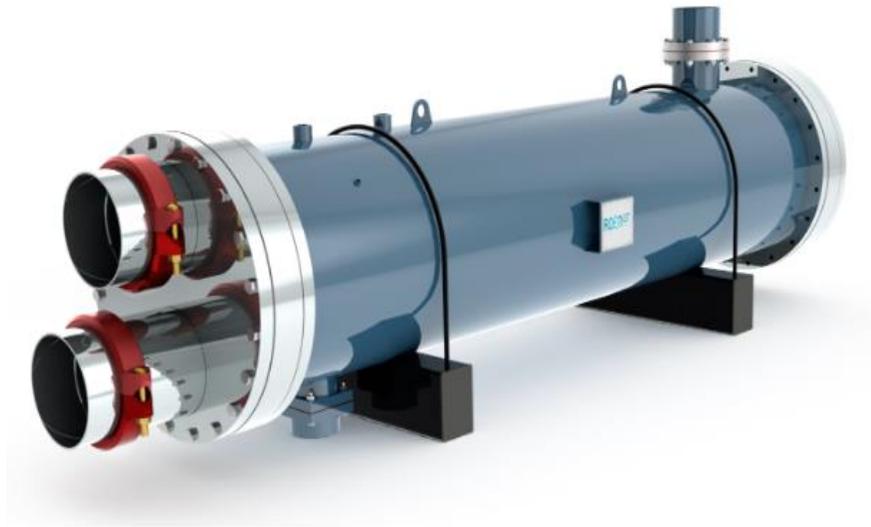


Figura 12. Condensadores multitubulares (Climatización y refrigeración , 2015)

Condensadores evaporativos: Las torres de enfriamiento se utilizan con el fin de enfriar agua en grandes volúmenes, extrayendo el calor del agua mediante un mecanismo de transferencia de calor conocido como evaporación, el cual es un proceso físico en donde una pequeña parte del agua pasa del estado líquido hacia un estado gaseoso y de esta forma el vapor y el aire adquieren la energía en forma de calor contenida en el agua (ver figura 13).



Figura 13. Torre de enfriamiento (Control y calidad del agua en condensadores evaporativos, 2017)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.3.3 Sistema de expansión

El refrigerante líquido entra en el Dispositivo de expansión donde reduce su presión. Al reducirse su presión se reduce bruscamente su temperatura.

En la tecnología de la refrigeración, un dispositivo de expansión es un elemento que disminuye la presión de un fluido pasando de un estado de más alta presión y temperatura a uno de menor presión y temperatura. Al producirse la expansión del líquido en un ambiente de menor presión, se evapora parcialmente reduciéndose la temperatura al absorber calor latente de él mismo. A su salida se pretende tener un aerosol, pequeñas gotas de refrigerante en suspensión, que facilite la posterior evaporación.

Tipos de sistemas de expansión:

El restrictor: El tipo más simple de válvula de control ideado con el objeto de controlar la entrada de líquido refrigerante al interior del evaporador, lo constituye el estrangulador o restrictor. Este dispositivo no es otra cosa que un orificio de restricción, cuyo diámetro es mucho más pequeño que el de las tuberías o conductos que posee el evaporador (ver figura 14). El restrictor permite la entrada del líquido refrigerante al interior del evaporador, en cantidad proporcional a la diferencia de presión existente entre la presión de succión y la de compresión o en otras palabras, el líquido agente refrigerante en estado líquido, es obligado a pasar a través del restrictor, en la cantidad exigida por la diferencia de presión que existe entre el condensador y el evaporador.



Figura 14. Sistema de expansión por restrictor. (Lara, 2016)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El tubo capilar: El tubo capilar es prácticamente un restrictor, pero en lugar de ser un orificio es propiamente un tubo restrictor, pues está constituido por un simple tubo de diámetro interno muy pequeño, de aproximadamente un milímetro, cuyo largo puede variar entre uno y seis metros. Al igual que el restrictor, el tubo capilar es un dispositivo de control que no posee piezas móviles y su aplicación se ha generalizado tanto que se lo emplea muy especialmente en la fabricación de unidades selladas, como también en unidades abiertas de tipo familiar y en equipos comerciales de pequeña potencia. Debido al reducido diámetro interno del tubo capilar, la fricción que se produce entre él y el líquido en su trayectoria hacia el evaporador, hace que en esta forma quede refrigerada la cantidad de refrigerante que alimenta dicho dispositivo. Como en el caso del restrictor, la cantidad de refrigerante que se provea al evaporador, será proporcional a la diferencia de presiones que existe entre la succión y la compresión (ver figura 15). La válvula de expansión; manual, termostática (VET), electromecánica y automática.



Figura 15. Sistema de expansión por tubo capilar. (Pinkston, 2014)

Válvula de expansión:

Es un tipo de dispositivo de expansión, (un elemento de las máquinas frigoríficas por compresión) en el cual la expansión es regulable manual o automáticamente. (Pierre & Jacquard, 1999)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Diferentes tipos de válvulas de expansión.

- **Manual**; en la que la regulación se realiza mediante un tornillo. En este tipo de válvulas el recalentamiento no depende de la temperatura de evaporación del refrigerante en su estado gaseoso, sino que es fijo (ver figura 16).



Figura 16. Válvula de expansión manual. (Pierre & Jacquard, 1999)

- **Termostática con compensación de presión externa**; denominada VETX, es una derivación de la VET para equipos medianos o grandes o que trabajen a altas presiones y variaciones de carga térmica. Además estas deben ser utilizadas en sistemas donde el evaporador tiene varios circuitos, y/o está acoplado a un distribuidor de refrigerante (ver figura 17).



Figura 17. Válvula de expansión con compensación de presión externa. (Fenshen, 1999)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **Electrónica o electromecánica;** trabaja mediante un control electrónico, en el cual sensores de temperatura envían señales a un CI (circuito integrado) y éste mediante esos datos mantiene un recalentamiento dentro de los parámetros permitidos para el funcionamiento del equipo (ver figura 18).



Figura 18. Válvula de expansión electromecánica (Fenshen, 1999)

- **Automática;** la que mantiene una presión constante en el evaporador inundado alimentando una mayor o menor cantidad de flujo a la superficie del evaporador, en respuesta a los cambios de carga térmica que se tengan en el mismo (ver figura 19).



Figura 19. Válvula de expansión automática. (Fenshen, 1999)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.3.4 Evaporador

Es una de las partes principales de un sistema de refrigeración. En esta etapa lo que el refrigerante necesita es el aumento de su entalpia, y esto se produce cuando pasa de su estado líquido a su estado de vapor a través del evaporador. Con lo anterior se permite absorber el calor sensible que está contenido alrededor del evaporador, por ende, el gas al abandonar el evaporador lo hace con una energía interna que es superior al aumento de su entalpia.

Previo el ingreso del refrigerante al evaporador, este se expande en una válvula de presión la cual genera una gran caída de presión a la entrada del evaporador. Si es un sistema de expansión directa, la válvula va a despedir una mezcla de líquido y vapor muy fina a baja presión y temperatura. Por las propiedades termodinámicas de los gases refrigerantes, el descenso de la presión se asocia con un cambio de estado, y lo más relevante el descenso de la temperatura.

Por lo anterior, el evaporador absorber el calor sensible del medio que se busca refrigerar para transformarlo en calor latente, que se incorpora al refrigerante en su estado de vapor. Con ese calor latente que se disipa en otro intercambiador de calor del sistema de refrigeración por compresión, que se conoce como *condensador* en donde se va a generar un cambio de estado inverso, por lo tanto, de vaporización a líquido.

Tipos de evaporadores: Según la alimentación de refrigerante.

- **Expansión directa o expansión seca (DX)** – La evaporación del refrigerante se da por medio de su recorrido por el evaporador, para encontrarse en estado de mezcla en un punto intermedio. Por ende el fluido al abandonar el evaporador es tan sólo vapor sobrecalentado (ver figura 20).



Figura 20. Evaporador por expansión directa. (Bill, 2009)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **Inundados** – Trabajan con un refrigerante líquido así que se llenan por completo para tener humedecida toda su superficie interior del intercambiador, por ende, la mayor razón posible de transferencia de calor se alcanza (ver figura 21).

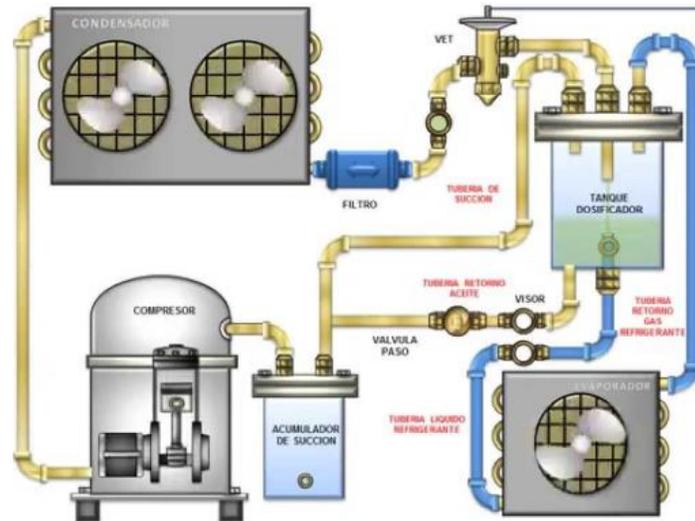


Figura 21. Evaporador Inundado (Bill, 2009)

Según el tipo de construcción.

- **Tubo descubierto** – Son evaporadores construidos más que nada para tuberías de cobre o en acero. Se usa en grandes evaporadores o si el refrigerante por usar es amoníaco.
- **Superficie de Placa** – Tiene dos placas acanaladas y asimétricas que son soldadas herméticamente una contra otra para que el gas refrigerante fluya entre ellas.
- **Evaporadores Aleteados** – Son serpentines de tubo descubierto en los cuales se ubican placas metálicas o aletas y son usados ampliamente para la refrigeración industrial.

Evaporadores para enfriamiento de líquido.

- **Enfriador de doble tubo** – Es un serpentín con el que se enfría el líquido por suministrar en un gran rango de transferencia de calor entre el líquido y el refrigerante.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- **Enfriador Baudelot** – Se puede usar para el enfriado de agua u otra clase de líquidos, incluso en ámbitos industriales. Con frecuencia se emplea para enfriar leche.
- **Enfriador tipo tanque** – Es un serpentín de fluido frigorífero de tubo desnudo el cual se instala al interior de un tanque con el líquido a enfriar.
- **Enfriador con serpentín en casco** – Es una clase de enfriador de tubos lisos instalado en el centro o a un costado del tanque de acero, el cual se sumerge en el líquido a enfriar. El serpentín se separa del cuerpo principal por un deflector.
- **Enfriador acorazado** – Son de expansión seca o inundados. Tiene un tanque de acero con una cantidad de líquido determinada por la cual va a circular el refrigerante y por fuera el líquido. (Meet Wordpress, 2018)

3.4 Refrigerante

Es muy importante tener en cuenta el tipo de refrigerante que se va a utilizar para el sistema de aire acondicionado, ya que dependiendo el tipo del refrigerante depende la eficiencia de los equipos; a la vez se debe tener en cuenta que el tipo de refrigerante a seleccionar debe cumplir con parámetros los cuales implican el poco impacto ambiental.

Existen muchos tipos de refrigerantes algunos de los cuales se usan comúnmente. En las primeras instalaciones de refrigeración se empleaban por lo general el amoníaco, bióxido de sulfuro, propano, etano y cloruro metálico, los cuales aún se usan en varias aplicaciones. Sin embargo debido a que estas sustancias son tóxicas, peligrosas o tienen características no deseadas, han sido reemplazadas por sustancias creadas especialmente para usarse en refrigeración. En trabajos a temperaturas extra bajas o en instalaciones con grandes compresores centrífugos, se usan refrigerantes especiales, pero para refrigeración comercial y aire acondicionado que utilizan compresores recíprocos, se usan refrigerantes R-134a, R-22, R-404A, R-507 y R-410A. Muchos refrigerantes en uso actualmente contienen, carbono, flúor, cloro, y en algunos casos hidrógeno. La excepción son los refrigerantes naturales, el amoníaco, el bióxido de carbono, el propano, el isobutano y el propileno.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Sus propiedades son muy similares a las de un azeótropo, por lo que se comporta como un solo refrigerante, su fraccionamiento es muy bajo, esto quiere decir que no se separa en el sistema y su composición no cambia en caso de una fuga. (Rodríguez E. , 2005)

Serie	Nombre	Gas
000	Metanos	R-12
100	Etanos	R-134a
200	Propano	R-290
400	Zeotropos	R-410A
500	Azeótropos	R-502
600	Orgánicos	R-600a
700	Inorgánicos	R-717
1000	Orgánicos No Saturados	R-1234yf

Tabla 1. Características de clasificación del Standard 34 ASHARE. (Giraldo, 2018)

La letra minúscula denota un gas isómero, ejemplo en el R-134a. Esta indica la simetría en pesos atómicos. El más simétrico no tiene letra y al aumentar la asimetría se colocan las letras a, b, c, etc.

- La letra mayúscula denota una mezcla zeotrópica y quedan dentro de la serie 400. Ejemplo en el R-401A. Las letras A, B, C, a la derecha del número se utilizan para diferenciar mezclas con los mismos componentes pero con diferente proporción. Ejemplos: R-401A, R-401B, R-407C
- Si la mezcla es azeotrópica quedan en la serie 500 y el número es arbitrario, responde al orden de aparición del refrigerante. Ejemplos: R-502, R-507
- Para los refrigerantes inorgánicos se reserva la serie 700. Ejemplo: R-717 que es el amoniaco

Respecto de los dígitos numéricos, el standard dice:

- Primer dígito, de derecha a izquierda = número de átomos de flúor en el compuesto.
- Siguiendo dígito hacia la izquierda = número de átomos de hidrógeno más 1.
- Tercer dígito hacia la izquierda = número de átomos de carbono menos 1 (no se usa cuando es igual a cero).
- Cuarto dígito hacia la izquierda = número de enlaces dobles.

TOXICIDAD →

↑ **INFLAMABILIDAD**

ALTA	A3R-290,R-600,R-1270	B3
MEDIA	A2,A2L,R-123yf	B2,R-717,B2L
NULA	A1,R-22,R134a,R-744	B1

Tabla 2. Clasificación de seguridad de los refrigerantes. (Giraldo, 2018)

Las presiones de trabajo del R-410A son 60% más elevadas que el R-22.

El R-410A, es un refrigerante ecológico debido a que no contiene cloro, por lo que no afecta la capa de ozono. Su efecto invernadero es equivalente al del R-22.

Sus características termodinámicas superiores permiten utilizar compresores más compactos, tuberías de menor diámetro, velocidades más altas y fabricar equipos más eficientes debido a que se tiene menos pérdida energética.

El refrigerante seleccionado para este sistema es el R410A

El refrigerante R-410A es una mezcla desarrollada como reemplazo definitivo del R-22 para diferentes aplicaciones. En instalaciones nuevas, en equipo con la cantidad adecuada y con tuberías de tamaño apropiado, el R-410A ha demostrado tener un EER (eficiencia de energía- Energy Efficiency Rating) del 5 al 6% mayor que el R22. (Se aclara que el refrigerante R-22, hasta el momento es el refrigerante más utilizado en el mundo, debido a su alto rendimiento y sus propiedades térmicas las cuales lo hacen más eficiente que muchos de los refrigerantes en el mercado- la desventaja que tiene el R-22, es que es un componente químico que su alta concentración es muy perjudicial para la capa de óxido, por ende es un elemento el cual será restringido para el 2030,(debe estar fuera de circulación en el mercado)).

El R-410A también cuenta con una mayor capacidad y presiones de carga que el R-22, permitiendo que el diseño de los equipos de aire acondicionado más pequeños y compactos.

3.5 Tipos de sistemas y condiciones de operación del aire acondicionado

Sistema de aire acondicionado centralizado

Un equipos de aire acondicionado centralizado consta de un sistema uno a uno, el cual cuenta con una unidad condensadora externa y unidad evaporadora interna la cual su suministro abarca diferentes áreas con una distribución uniforme por medio

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

de ductos, los cuales no permiten una forma autónoma de regular su suministro (ver figura 22).

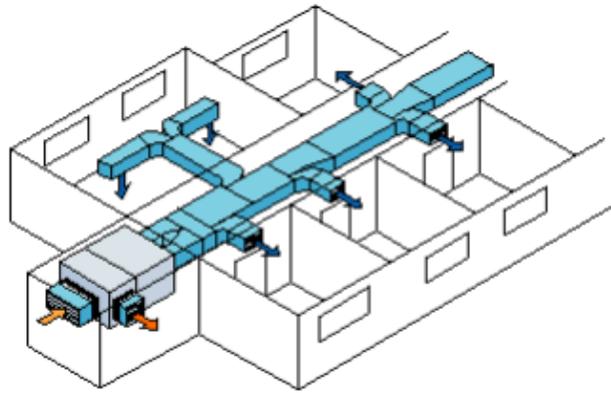


Figura 22. Sistema de aire acondicionado centralizado (Beatriz & daza, 2011)

Sistema de aire acondicionado autónomo

Los sistemas autónomos solo pueden climatizar una o dos estancias simultáneamente. Por tanto, no requieren una red de distribución tan compleja como los sistemas centralizados, sino que las unidades interior y exterior se conectan a través de un sencillo conducto por el que se transporta el refrigerante (ver figura 23). (Gajate, 2015)



Figura 23. Sistema de aire acondicionado autónomo (Bembibre, 2010)

Aire acondicionado tipo ventana: Este aparato de aire acondicionado también es conocido como "unitario". Todos los componentes necesarios se encuentran dentro

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

de la caja, motivo por el cual ahorras espacio. Es fácil colocarlo, sin embargo tienes que tomar en cuenta que necesitas un hueco en la pared o una ventana en la cual montarla. Es por eso que este tipo de aire acondicionado es ideal en oficinas o en cuartos de habitación de tamaño moderado (ver figura 24).



Figura 24. Equipo Ventana. (Granados, 2011)

Aire acondicionado portátil: Éste consiste de un equipo que se coloca en el suelo. Tiene una manguera, la cual sirve para expulsar el aire caliente al exterior a través de una ventana o de puertas. Al igual que el aire acondicionado de ventana, este equipo mantiene el compresor, el condensador, la válvula de expansión y el evaporador en una caja compacta. Aunque sea un poco más ruidosa que las demás máquinas (ver figura 25).



Figura 25. Equipo portátil. (Granados, 2011)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Aire acondicionado Split o multiplito: Este sistema contiene dos paquetes: el externo, que incluye la válvula del compresor y el condensador y el interno, que incluye la bobina de evaporación o de enfriamiento y el ventilador de evaporador. Siendo el más vendido por ahorrar energía y espacio y por ser silencioso, este aire acondicionado tiene la capacidad de suministrar a una o a dos habitaciones u oficinas a la vez.

En general se utilizan para climatizar locales en residencias y oficinas pequeñas, de hasta 40/45 metros cuadrados.

Se comandan mediante un control remoto inalámbrico. En general son equipos monofásicos y su consumo depende del tipo de compresor que tenga instalado y del diseño del resto de componentes.

Para una misma capacidad de enfriamiento (frigorías/hora), el comprador deberá evaluar la etiqueta de Eficiencia Energética (EER) que según Norma IRAM 62406 deben tener exhibida todos los equipos. La EER es una relación entre capacidad de enfriamiento y la potencia eléctrica (ver figura 26). Cuanto mayor es ese nº menos energía eléctrica consume.



Figura 26. Equipo Split. (Granados, 2011)

Aire acondicionado central: El sistema de aire acondicionado centralizado es ideal para edificios en las que todas las salas necesitan de acondicionamiento. Este sistema también va compuesto por dos unidades, una en el interior la cual es el evaporador que suministra el frío en el espacio a acondicionar y otra en el exterior la cual es el condensador que se encarga de expulsar el calor al ambiente. Este es

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

un equipo de descarga indirecta, se puede instalar mediante red de conductos y emisión de airea través de rejillas en pared o difusores en techo. El control es individual por equipo, y se realiza de acuerdo con las condiciones de confort de la habitación más representativa. El equipo necesita una toma de aire exterior (ver figura 27).



Figura 27. Equipo Central. (LOPEZ, 2017)

Después de tener el valor de la carga térmica y de haber seleccionado los espacios para la instalación de los equipos de A&A, se plantean varias opciones de instalación de los equipos los cuales permitan alta eficiencia y que su manejo sea independiente (VRF), en la cual se analiza la instalación de equipos tales como:

Dentro de las unidades interiores que podemos unir al sistema VRF se encuentran las siguientes opciones:

- Minisplit



Figura 28. MiniSplit consola pared. (Granados, 2011)

Estos equipos se utilizan cuando son en oficinas cerradas y de pequeña proporción no cuentan con alto alcance, capacidades máximas para un equipo MiniSplit: 36000BTU/H

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Equipo cassette de 3 vías.



Figura 29. Equipo cassette de 3 vías (Granados, 2011)

Este equipo cassette de tres vías es recomendable ubicar en espacio esquinados, su tiro se distribuye en tres proporciones dando así la facilidad de distribuir en tres direcciones diferentes a la vez, su capacidad máxima es de 36,000BTU.

- Equipo cassette de 4 vías.



Figura 30 Equipo cassette de cuatro vías (Granados, 2011)

Los equipos cassette de cuatros vías son ideales para espacios los cuales no están cerrados y que su proporción de tiro da a cuatro puntos diferentes con un rango de tiro de 2,70 metros en promedio dependiendo la altura.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Equipo piso techo.



Figura 31. Equipo piso techo (Granados, 2011)

El equipo piso techo es recomendable utilizar en espacios rectangulares su forma de tiro es igual a la del equipo MiniSplit, aunque su capacidad puede llegar a 3º 4 metros dependiendo la altura en la que se instale. También este equipo se puede ubicar en el piso ya que su estructura lo permite, sin reducir la eficiencia ni la capacidad de enfriamiento.

- Equipo fan-coil desnudo



Figura 32. fan-coil desnudo (Fenshen, 1999)

Equipo fan-coil desnudo; es ideal para estar instalado en cielo falso. Estos equipo trabajan por medio de tiro forzado, ya que el líquido refrigerante pasa atreves del serpentino y este por medio de unos motores evaporadores. Fuerza el aire a pasar por medio de este reduciendo la temperatura del mismo. Estos equipos son

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

recomendables instalar con ductos ya que su tiro se puede dispersar desproporcionalmente.

3.6 Comportamiento del aire

En muchas ocasiones suelo escuchar que el viento es producido porque el aire que se calienta en la superficie de la Tierra sube, por su menor densidad que el frío, y el frío ocupa su lugar. Este movimiento de masa de aire es lo que produce el viento que no es otra cosa que aire en movimiento.

El aire caliente no sube, es el frío el que baja, habrá más moléculas de aire (de oxígeno y nitrógeno, el aire no es ninguna molécula) frío que de caliente (ya que en el caliente las moléculas están más separadas entre ellas) y por tanto habrá más cantidad de materia, más masa. Si medimos la fuerza con que atrae la Tierra a la masa de dicho volumen, es decir, el peso, $P = m \cdot g$, observaremos que es mayor en el caso del aire frío (ver figura 33).

Y es por eso por lo que el aire frío baja desplazando al aire caliente que sube y es desplazado. A esta fuerza con que es desplazado hacia arriba se le llama Empuje.

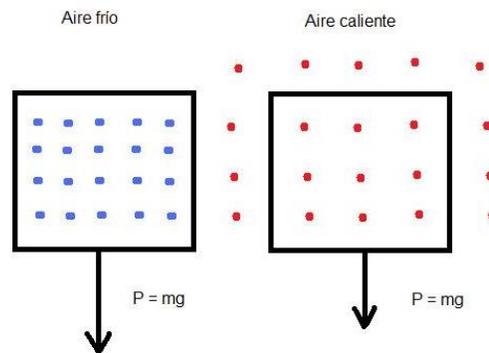


Figura 33. Diagrama de flujo de Aire en lugares acondicionados (Hernandez, 2010)

Parámetros del cuerpo humano, producción de energía metabólica por distintas actividades.

Un primer paso ha sido establecer la cuantía de la generación de calor de nuestros cuerpos para distintas actividades. Existen métodos para estimarla que se hayan recogidos en la norma UNE EN ISO 8996. (El hecho de que

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

una norma UNE EN sea también ISO indica que lo contenido en ella es de aceptación mundial).

La energía que desprendemos se expresa con la unidad de medida “met”, unidad cuyo patrón corresponde al metabolismo de una persona sana, sentada y sin trabajar. Dado que esta actividad corresponde a una emisión por unidad de superficie de 58,2 W/m², la cuantía de energía que emitimos al exterior en función de nuestra actividad, calculada en términos de calor sensible y latente y expresada en Vatios, se escala en la siguiente tabla, habiéndose considerado un promedio del 50% de hombres y del 50% de mujeres (el metabolismo de una mujer es el 85% y el de un niño el 75% del metabolismo de un hombre).

Actividad metabólica	Sensible	Latente	met
Actividades	W	W	
Durmiendo	50	25	0,76
Tumbado	55	30	0,86
Sentado sin trabajar	65	35	1,0
de pie relajado	75	55	1,3
Paseando	75	70	1,5
andando a 1,6 km/h	50	110	1,6
a 3,2 km/h	80	130	2,1
a 4,8 km/h	110	180	2,9
a 6,4 km/h	150	270	4,2
Bailando moderadamente	90	160	2,5
Atlético en gimnasio (hombre)	210	315	5,0
deporte de equipo masculino (valor medio)	290	430	6,9
Trabajos			
*Muy ligero, sentado			
*Moderado (en oficinas valor medio)	70	54	1,2
*Sedentario (restaurante)	75	55	1,3
*Ligero de pie (industria ligera, de compras, etc.)	80	80	-
*Ligero de pie (trabajos domésticos, tiendas, etc.)	70	90	1,6
*Manual	80	120	2,0
*Manual	80	140	2,1
*Ligero (en fábricas, solo hombres)	110	185	2,8
*Pesado (en fábricas solo hombres)	170	255	4,0
*Muy pesado(en fábricas solo hombres)	185	285	4,5

Tabla 3. Generadores de calor sensible y latente por el ser humano (Nogarada, 2014)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La temperatura de confort recomendada está entre 20-21°C en invierno y entre 24-26°C en verano, para sentirnos cómodos a una temperatura agradable. Aunque en un primer momento tengas mucho calor, evita subir la temperatura ya que el cuerpo necesita un tiempo para aclimatarse.

3.7 Importancia de un diseño de aire acondicionado

Al momento de realizar un diseño de un sistema de refrigeración o aire acondicionado, el cálculo de la carga térmica es tan importante como la correcta selección del gas refrigerante. Es muy importante tener en cuenta la capacidad calórica del ambiente a ser enfriado, ya que si esta no es realizada mediante un adecuado diseño puede generar un exceso en el aumento de trabajo en los elementos de los equipos de aire acondicionado; por ejemplo, aumenta el trabajo del compresor llevándolo siempre a su máxima capacidad de trabajo puede reducir su vida útil.

En el campo industrial, donde a menudo hay casos en los que el control de temperatura es crítico y se deben manejar estándares de temperaturas ya que si no se cumple puede dañar los diferentes procesos, la insuficiencia de carga térmica prevista en un diseño puede afectar considerablemente la productividad de una empresa, o incluso la calidad del producto final.

Es importante destacar que un sistema de producción (maquina), que presentando altos niveles de carga térmica por encima de los niveles previstos al momento de la instalación del sistema de aire acondicionado puede poner en peligro todo el proceso de enfriamiento. En muchos casos los problemas asociados a una carga térmica sub-dimensionada son erróneamente atribuidos al rendimiento del refrigerante o incluso a posibles fugas en el sistema de refrigeración.

Es importante saber que para realizar un cálculo adecuado de carga térmica, se tienen que tener en cuenta las posibles fluctuaciones que se producen durante todo el año por eso al momento de realizar el cálculo siempre se debe dejar un rango aproximado de ventaja para que el sistema en un par de meses o de años no quede sub-dimensionado para el área a acondicionar, para esto se debe considerar aparte del cambio climático, factores tales como el aumento de la producción; las variaciones en el número de empleados en el sitio; mayor número de equipos conectados; diferentes estaciones del año, aislamiento insuficiente del sitio; entre otros. En una sala a acondicionar, se deben tener en cuenta parámetros ajenos a los equipos y al cálculo dimensionado del área otros elementos a tener en cuenta son:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Pérdida de calor a través de las paredes por contacto entre el exterior y el interior:
La ubicación del ambiente marca la diferencia, porque si en determinados momentos del día el sol calienta directamente a las paredes de la habitación a refrigerar, la carga térmica tiende a aumentar.
- El aire exterior que entra en la cámara: El aire puede penetrar debido a un aislamiento defectuoso o incluso por la existencia de alguna apertura que se abra de forma frecuente en el local.
- Producto que será refrigerado: El producto puede ser refrigerado a una temperatura más alta que el medio ambiente. La cantidad de producto colocado en la cámara es mayor a la que se consideró en el diseño.

Otros factores como la gente, las luces y los motores, la obstrucción de los evaporadores.

3.8 selección e instalación de un sistema de aire acondicionado

Los principales beneficios que proporciona el A&A son:

- Aumento de producción: mientras las personas se encuentren en condiciones que les generen confort esto se verá reflejado en su productividad.
- Menos a productos: muchos de los alimentos perecederos requieren estar en condiciones adecuadas las cuales les permiten prolongar su periodo.
- Menos daño a equipos: algunos equipos electrónicos o eléctricos producen carga térmica lo cual genera recalentamiento en los circuitos, esto sumado a las oleadas de calores pueden producir fuertes daños a torres, CPU o cuarto de rack con un sistema de A&A estos aparatos eléctricos pueden mantener una temperatura adecuada la cual no afecte su proceso de funcionalidad.

3.9 Importancia de la instalación de un sistema de Aire acondicionado

En estos momentos el clima ha venido cambiando considerablemente y cada vez las oleadas de calor han venido golpeando con gran furia nuestro sistema terrestre,

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

con las altas temperaturas que hemos llegado y que seguirán aumentando es necesario crear controles de climatización o de control del aire.

La importancia que presenta la instalación de un sistema de A&A, es en muchos campo de la industria, el comercio, y el confort de cada uno de los hogares colombianos. Un sistema de A&A, puede cambiar mucho el ambiente laboral ya que con altas temperaturas el cuerpo empieza a presentar sudoración extrema, puede generar dolores de cabeza y hasta cambio de humos. Además en una compañía, negocio u otros estas oleadas de calor pueden presentar pérdidas ya que afecta la eficiencia a la hora de realizar un trabajo o actividad motora por eso es necesario un sistema adecuado, eficiente y que cumpla tanto en montaje como en diseño para abastecer y suplir la carga térmica del lugar a acondicionar. También es necesario que los establecimientos comerciales tengan en refrigeración los alimentos perecederos ya sea con un sistema de cuarto frío o una cámara frigorífica. (Pita, 2006)

La instalación de un sistema de aire acondicionado por volumen de refrigerante variable permite obtener las siguientes ventajas:

COSTES DE FUNCIONAMIENTO BAJOS: Los sistemas VRF optimizan el rendimiento estacional gracias a las unidades exteriores e interiores de alta eficiencia, a la tecnología inverter en el funcionamiento de su compresor que permite regular su esfuerzo, al control de gestión inteligente de la energía.

CONTROL PRECISO DE ZONAS: El control individual de cada planta o habitación ahorra energía. Esta versatilidad hace que el sistema VRF sea ideal para edificios con varias distribuciones de zona.

CONFORT PERSONAL: Los sistemas VRF proporcionan aire nuevo a la temperatura correcta, con el nivel correcto de humedad y con el mínimo nivel sonoro. Si se hace uso del control centralizado que incluye la tecnología de temperatura de refrigerante variable y de calefacción continua para evitar corrientes de aire frío.

GRAN FLEXIBILIDAD: El enfoque modular del sistema VRF es muy flexible para equilibrar las cargas térmicas de las distintas partes del edificio

3.10 ¿Qué es Elite software?

Es una de las múltiples herramientas existente utilizada para el diseño de detalle y específico de carga térmica para determinar la capacidad necesaria para acondicionar un lugar específico, este software es ideal ya que su prototipo de

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

parámetros estándares que requieren son fáciles de tomar en campo además facilita el análisis de elementos que interfieren en su resultado. Este programa permite validar el los elementos, y permitiendo la parametrización de variables de validación, para la mejora constante térmica requerida para seleccionar los equipos que se requieren para adecuar un área específica.

Características de software elite

- Realiza cálculos hidráulicos siguiendo las normas ASHRAE.
- Maneja sistemas de rociadores con hasta 1.000 rociadores.
- Trabaja en árboles, rejillas y sistemas de rociadores híbridos.
- Utiliza unidades inglesas o métricas.
- Calcula caudales, velocidades y caídas de presión
- Tamaño automático de la tubería
- Analiza sistemas de tubos de soporte.
- Imprime el gráfico de oferta / demanda en la pantalla y la impresora.
- Permite todo tipo de materiales de tubería.
- Calcula automáticamente longitudes equivalentes de ajuste

Visión general

El Programa de Incendios de Elite realiza rápidamente todos los cálculos hidráulicos necesarios según lo exige la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA 13). Calcula los tamaños óptimos de las tuberías y realiza automáticamente un análisis de picos. El fuego calcula el flujo y la velocidad del agua de GPM a través de todas las secciones de la tubería, el flujo de GPM y la presión residual en cada cabezal del rociador, las pérdidas de presión incurridas en cada sección de la tubería debido a los cambios de fricción y elevación, la presión máxima de demanda del sistema y el agua total GPM exigido por el sistema. El formato del informe está diseñado para ayudar tanto al diseñador como al revisor del plan.

Método de cálculo

El programa utiliza la técnica de solución de matriz de Newton Raphson para resolver redes de tuberías, donde se define que cada tubería fluya según la fórmula de Hazen Williams. Se pueden realizar cálculos para una presión de suministro de agua determinada o se pueden realizar de tal manera que el Incendio determine la presión de suministro de agua más baja que accione adecuadamente el sistema de rociadores. Los cálculos son muy rápidos y precisos. El manual del usuario enumera todas las ecuaciones pertinentes para permitir la verificación manual completa. El programa puede manejar todo tipo de sistemas de rociadores (árboles, rejillas e híbridos) con hasta 1,000 o más rociadores y tuberías. También se pueden analizar medidores y tubos verticales.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

El software calcula el flujo y la velocidad del agua de GPM a través de todas las secciones de la tubería, el flujo de GPM y la presión residual en cada cabezal del rociador, las pérdidas de presión incurridas en cada sección de la tubería debido a los cambios de fricción y elevación, la presión máxima de demanda del sistema y el agua total GPM exigido por el sistema. El formato del informe está diseñado para ayudar tanto al diseñador como al revisor del plan.

Método de cálculo

El software utiliza la técnica de solución de matriz de Newton Raphson para resolver redes de tuberías, donde se define que cada tubería fluya según la fórmula de Hazen Williams. Se pueden realizar cálculos para una presión de suministro de agua determinada o se pueden realizar de tal manera que el incendio determine la presión de suministro de agua más baja que accione adecuadamente el sistema de rociadores. Los cálculos son muy rápidos y precisos. El manual del usuario enumera todas las ecuaciones pertinentes para permitir la verificación manual completa.

Inicios de parámetros del programa

Todos los datos se verifican al momento de entrar al programa para que no se puedan ingresar datos incorrectos. Al finalizar el proceso de entrada, todos los datos se guardan y pueden revisarse y editarse cuando se desee. Se requieren dos tipos de datos: datos generales del proyecto y datos de segmentos de tubería. Los datos generales del proyecto incluyen el nombre y la ubicación del proyecto, el nombre del cliente, la descripción del peligro, los requisitos de densidad, las tolerancias de la corriente de la manguera, los datos de prueba de hidrantes y otros datos similares. Los datos de tubería requieren que cada sección de tubería se defina como que tiene un número de nodo inicial y final. Si las cabezas de los aspersores están ubicadas en los nodos de la tubería, entonces debe darse el factor K del aspersor. Además, se debe ingresar la longitud de la tubería, el tamaño nominal, el tipo de material y las cantidades y tipos de ajuste para cada sección de tubería. Fire contiene una biblioteca integrada de materiales para tuberías que incluye hierro fundido, cobre, acero, PVC y muchos otros. La biblioteca de tuberías permite hasta 50 materiales de tuberías definidos por el usuario. Las longitudes equivalentes de los accesorios se buscan automáticamente según el tipo, tamaño y material de la tubería.

Salida del programa

El Programa proporciona numerosos informes que incluyen: datos generales del proyecto, datos de entrada de tuberías y nodos, flujos de agrupación de nodos, salida detallada de tuberías y rociadores, gráfico de oferta / demanda y un resumen de la red. Puede especificar exactamente qué informes se van a imprimir, y todos los informes se pueden previsualizar en la pantalla. Éstos son sólo algunos de los informes disponibles.

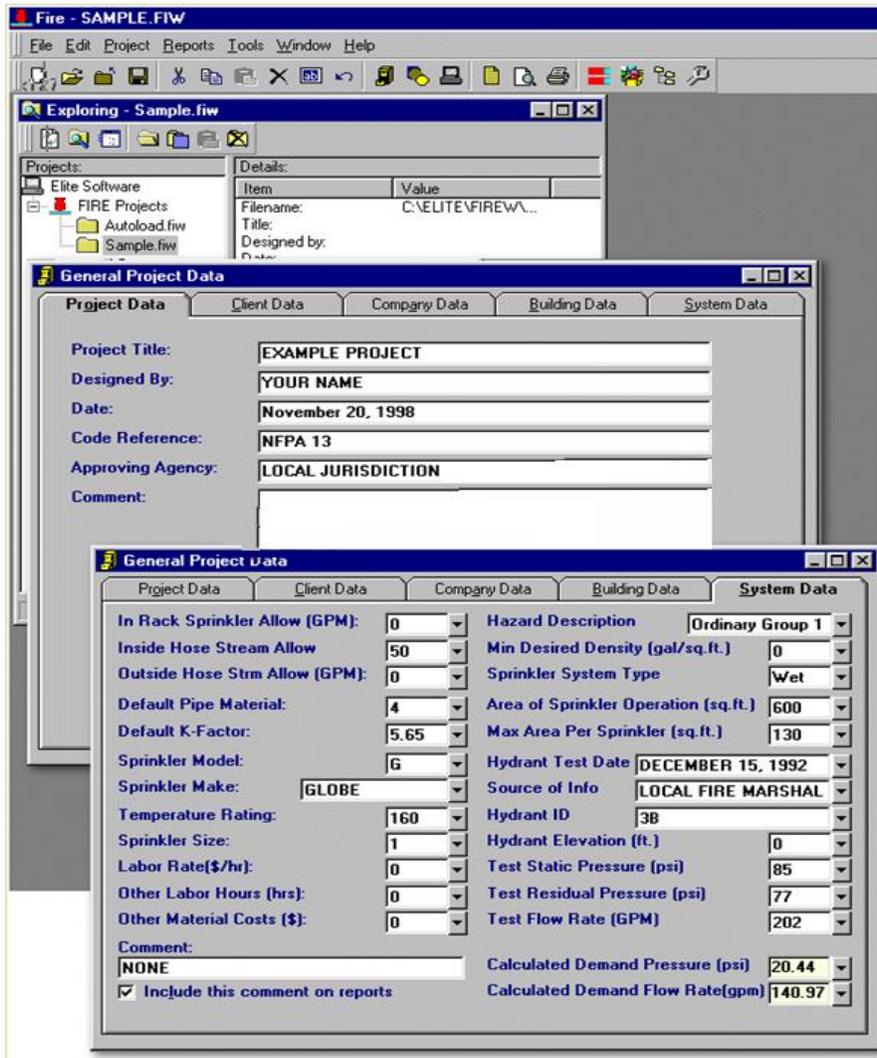


Figura 34. Tabla de ingreso de datos iniciales en el programa Software Elite. (Cañeral, 2017)

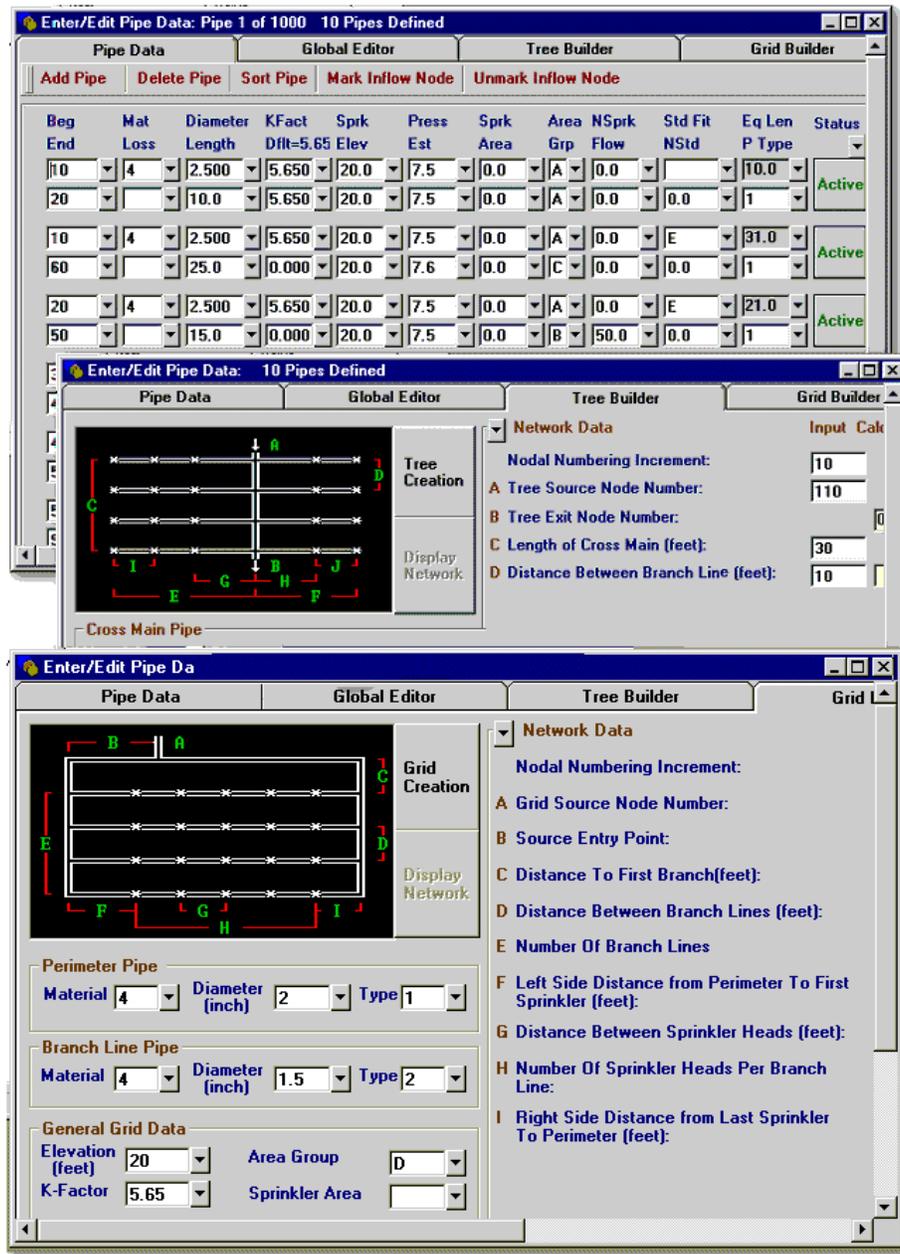


Figura 35. Tabla de ingreso de datos iniciales en el programa Software Elite. (Cañeral, 2017)

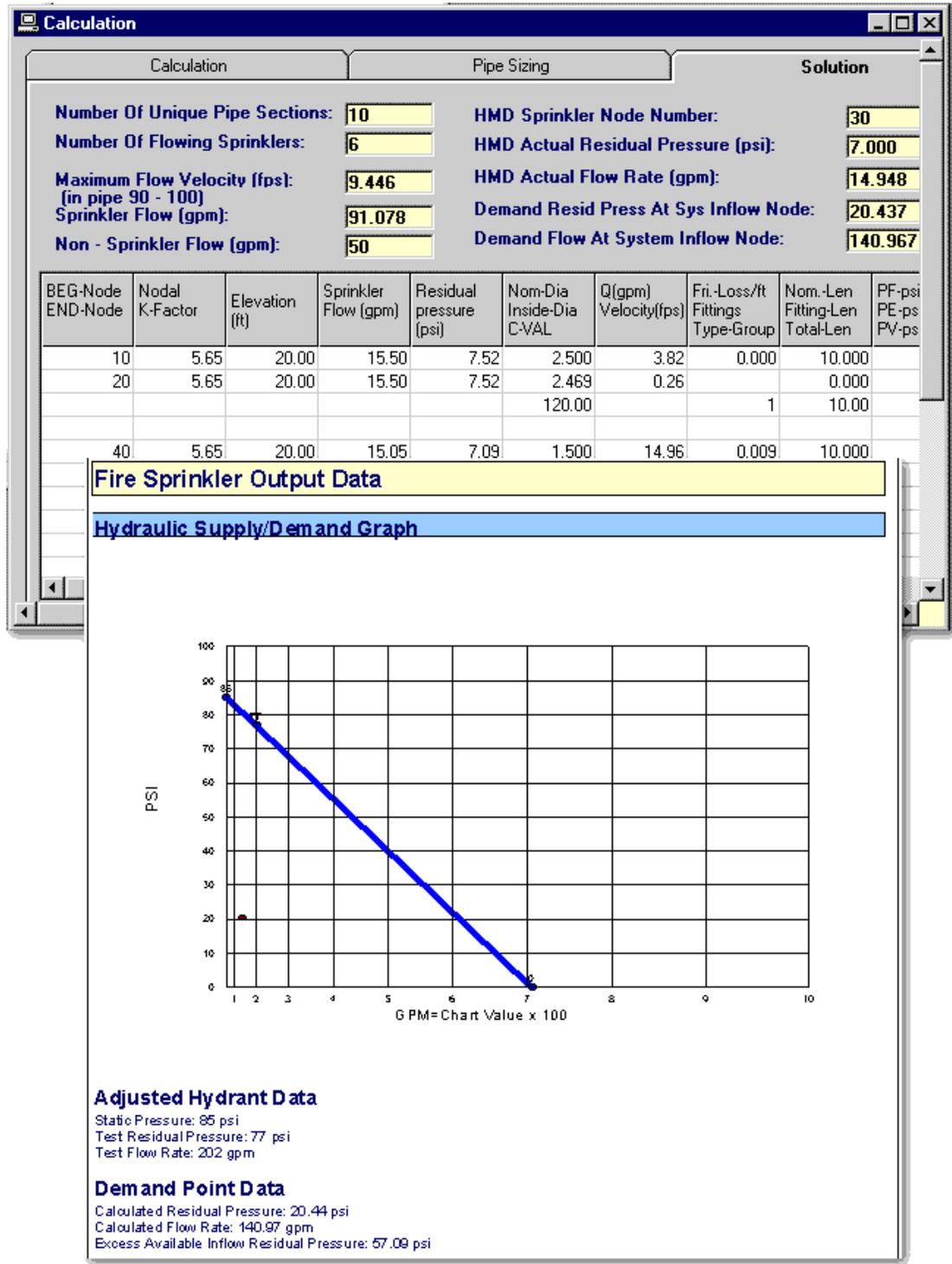


Figura 36. Tabla de ingreso de datos iniciales en el programa Software Elite. (Cañeral, 2017)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.11 Teoría del mantenimiento:

Se define mantenimiento como todas las acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida. Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes.

Según la Norma CEI 60050-191 E.2: Vocabulario electrotécnico internacional – Parte 191: Confiabilidad, Conceptos de mantenimiento y logística de mantenimiento, mantenimiento es la combinación de todas las acciones técnicas y de gestión destinadas a mantener o restaurar un elemento en un estado que le permita funcionar como lo requerido.

Tradicionalmente, se han distinguido 5 tipos de mantenimiento, que se diferencian entre sí por el carácter de las tareas que incluyen:

- **Mantenimiento Correctivo:** Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.
- **Mantenimiento Preventivo:** Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.
- **Mantenimiento Predictivo:** Es el que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos avanzados, y en ocasiones, de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos.
- **Mantenimiento Cero Horas (Overhaul):** Es el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados bien antes de que aparezca ningún fallo, bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. Dicha revisión consiste en dejar el equipo a Cero horas de funcionamiento, es decir, como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se sustituyen o se reparan todos los elementos sometidos a

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

desgaste. Se pretende asegurar, con gran probabilidad un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

- **Mantenimiento En Uso:** es el mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo. Consiste en una serie de tareas elementales (tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos) para las que no es necesario una gran formación, sino tal solo un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la base del TPM (Total Productive Maintenance, Mantenimiento Productivo Total). (Parra & Crespo Marquez, 2015)

Las 5 s del mantenimiento:

¿Qué son las 5 S?

Es una práctica de Calidad ideada en Japón referida al “Mantenimiento Integral” de la empresa, no sólo de maquinaria, equipo e infraestructura sino del mantenimiento del entorno de trabajo por parte de todos.

- Clasificación y Descarte
- Organización
- Limpieza
- Higiene y Visualización
- Disciplina y Compromiso

¿Por qué las 5 S?

Es una técnica que se aplica en todo el mundo con excelentes resultados por su sencillez y efectividad, su aplicación mejora los niveles de calidad, eliminación de Tiempos Muertos y reducción de Costos. La aplicación de esta Técnica requiere el compromiso personal y duradero para que una empresa sea un auténtico modelo de organización, limpieza, seguridad e higiene. Los primeros en asumir este compromiso son los Gerentes y los Jefes y la aplicación de esta es el ejemplo más claro de resultados acorto plazo.

Resultado de Aplicación de las 5 S

Estudios estadísticos en empresas de todo el mundo que tienen implantado este sistema demuestran que:

Aplicación de 3 primeras S:

- Reducción del 40% de sus costos de Mantenimiento.
- Reducción del 70% del número de accidentes.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Crecimiento del 10% de la fiabilidad del equipo.
- Crecimiento del 15% del tiempo medio entre fallas.

¿Qué beneficios aportan las 5s?

Los trabajadores se comprometen, se valoran sus aportes y conocimientos, se consigue una mejor productividad la cual se traduce en: Menos productos defectuosos, menos averías, menor nivel de existencias o inventarios, menos accidentes, menos movimientos y traslados inútiles del personal, menor tiempo para el cambio de herramientas.

Al lograr un mejor lugar de trabajo para el personal que labora, se consigue: más espacio, orgullo del lugar en el que se trabaja, mejor imagen ante los clientes, mayor cooperación y trabajo en equipo, mayor compromiso y responsabilidad en las tareas y ante todo mayores conocimientos. (Rosas D, 2007)

3.12 Cálculo de la carga térmica para refrigeración:

Carga Térmica: La carga térmica de un espacio definido, se expresa en BTU, (unidad utilizada comercialmente relaciona unidad de tiempo): Btu/hr, también se la denomina Carga de Enfriamiento.

Para determinar la carga térmica o de enfriamiento en diversas aplicaciones, se consideran una serie de factores para el cálculo de cargas en espacios y edificios; y lo importante es la aplicación de un buen criterio para desarrollar algún procedimiento definido.

Condiciones y datos más importantes para evaluar el estimado de la carga térmica en un edificio o espacio determinado: Datos atmosféricos del edificio o local, características de la infraestructura, orientación del espacio a acondicionar, la dirección de las paredes del espacio a acondicionar, momento del día en que la carga llega a su pico, espesor y características de los aislamientos, cantidad de sombra en los vidrios, concentración de personal en el local, fuentes de calor internas, cantidad de ventilación requerida. (Nogarada, 2014)

Cargas exteriores:

Cargas a través de paredes, techos y suelos: Existe un tipo de carga sensible, producto de la transferencia de calor que se da a través de las superficies de la edificación. Esta situación aportara un calor que hará que se aumente la temperatura del aire.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Cargas a través de superficies acristaladas y ventanales: Es en su totalidad carga sensible. Se da una transmisión de calor a través de superficies semitransparentes, lo que induce en gran parte una transferencia de calor por radiación.

Cargas por ventilación: En muchas edificaciones se toma el aire externo, ya sea para mantener la pureza en el aire o para facilitar la respiración. Debido a que este aire se encuentra a diferente temperatura, y que tiene un porcentaje diferente de vapor de agua; se puede hablar de carga latente y carga sensible.

Carga por infiltración: Las edificaciones cuentan con puertas y ventanas por medio de las cuales entra una cierta cantidad de aire del exterior que no es controlada; e induce en una cierta cantidad de carga latente y sensible.

Cargas interiores:

Cargas por ocupantes: Los seres humanos, teniendo en cuenta la actividad que ejecuten y la temperatura ambiente a la que se encuentren, disipan una cierta cantidad de calor. Esta carga se da bajo forma sensible y latente.

Cargas por Iluminación: La iluminación sustenta cierto consumo de energía, la cual se transformara en energía térmica. Esta incide en la edificación bajo la forma de carga sensible.

Carga debido a máquinas y motores: La cantidad de calor que disipen depende de la naturaleza de la máquina. Sin embargo, son capaces de aportar tanto carga sensible como latente.

El cálculo de la carga térmica de refrigeración (Q_r) es necesario para saber la capacidad de refrigeración de los aparatos de aire acondicionado que se deben utilizar, y en última instancia de su potencia eléctrica de consumo.

La carga térmica total de refrigeración (Q_r) de un local se obtiene de la siguiente expresión:

$$Q_r = Q_s + Q_l$$

Donde:

Q_s : Es la carga térmica sensible (W)

Q_l : Es la carga térmica latente (W)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En los siguientes apartados se expone cómo calcular las cargas térmicas sensible y latente que se transmiten al local, con objeto de sumarlas y obtener de esta forma la carga térmica total.

Cálculo de la carga térmica sensible

Expresión general, para el cálculo de la carga térmica sensible (Q_s) se emplea la siguiente expresión:

$$Q_s = Q_{sr} + Q_{str} + Q_{st} + Q_{si} + Q_{sai}$$

Donde,

Q_{sr} : Es el valor de la carga sensible debida a la radiación solar a través de las superficies acristaladas (W);

Q_{str} : Es la carga sensible por transmisión y radiación a través de paredes y techos exteriores (W);

Q_{st} : Es la carga sensible por transmisión a través de paredes, techos, suelos y puertas interiores (W);

Q_{si} : Es la carga sensible transmitida por infiltraciones de aire exterior (W);

Q_{sai} : Es la carga sensible debida a aportaciones internas (W).

Por lo tanto, el cálculo de la carga sensible se basa en calcular cada una de las diferentes cargas anteriores y sumarlas, obteniéndose así el valor de la carga sensible total.

Cálculo de la carga térmica latente

Expresión general para el cálculo de la carga térmica latente (Q_l) se emplea la siguiente expresión:

$$Q_l = Q_{li} + Q_{lp}$$

Donde,

Q_{li} : Es la carga latente transmitida por infiltraciones de aire exterior (W);

Q_{lp} : Es la carga latente debida a la ocupación del local (W).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Por lo tanto, el cálculo de la carga latente se basa en calcular cada una de las diferentes cargas anteriores y sumarlas, obteniéndose así el valor de la carga latente total. (Rodríguez H. , 1997)

3.13 Cuidados y recomendaciones del aire acondicionado.

Efectos negativos que puede causar la presencia del aire acondicionado:

Deshidratación: Se sabe que las tasas de deshidratación son más altas en las habitaciones con aire acondicionado. Por lo general, terminamos deshidratado si el aire acondicionado aspira demasiada humedad en la habitación y no tenemos cuidado en hidratarnos.

Sucede cuando la temperatura se ajusta demasiado baja, nos sentimos demasiado frescos para tener la sensación de querer beber agua.

Dolores de cabeza y migraña: Otro efecto secundario desafortunado de los espacios con aire acondicionado, especialmente si no se mantienen adecuadamente, es su susceptibilidad a dolores de cabeza y migrañas cuando los niveles de calidad del aire interior bajan. La deshidratación es un factor desencadenante de las migrañas que a menudo se pasa por alto.

Problemas Respiratorios: Los síntomas respiratorios afectan a los ojos, la nariz y la garganta. El aire frío también puede afectar la vía aérea por debajo de las cuerdas vocales e irritar la mucosa bronquial. Tienden a aparecer mucho más en personas que pasan mucho tiempo expuestos. Estos pueden incluir obstrucción nasal, garganta seca o incluso rinitis.

Asma y alergias: El aire acondicionado podría empeorar las alergias e incluso el asma. Mientras que permanecer dentro de un espacio con aire acondicionado puede ser protector para algunas personas que son sensibles al polen o a los contaminantes del aire, hay otras que encuentran una situación de empeoramiento.

El mantenimiento y limpieza de los filtros del aire acondicionado es importante, sino tenemos el riesgo de exponerse a una gran cantidad de desencadenantes y microbios.

El letargo: Aunque está diseñado para animarnos y refrescarnos en momentos calurosos, puede tener el efecto contrario. Las investigaciones indican que las

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

personas que viven en edificios con aire acondicionado se quejan más de letargo. En otras palabras, podría ser el culpable de su pereza y de esa lentitud inexplicable.

Piel seca: Cuando llega el verano, el exceso de aire acondicionado combinado con la exposición al sol puede producir picor y resequedad en la piel. Aunque otros síntomas pueden desaparecer a las pocas horas de salir del edificio, deshacerse de un problema de piel seca no es tan fácil. Dependiendo de la severidad de la sequedad, podría tomarnos varios días.

El ojo seco: El ojo seco puede causar picazón e irritación en los ojos. También pueden “arder” o picar. A veces puede ser tan malo que la visión se vuelve un poco borrosa. Y aunque este tipo de instalaciones puede no ser una causa directa, ciertamente ayuda. El problema parece empeorar cuando pasan largas horas en un espacio con aire acondicionado.

Enfermedades Infecciosas: Debido a que los aires acondicionados secan los conductos nasales, pueden causar irritación en las membranas mucosas y secar el moco. En ausencia de un moco protector adecuado, nos volvemos más vulnerable al ataque de virus. De hecho, microbios notorios como la bacteria que causa los brotes de legionelosis, por ejemplo, prosperan en los sistemas artificiales de suministro de agua, incluyendo aquellas unidades y sistemas de aire acondicionado.

Sudoración y sensación de mareo: Por el cambio de ambiente, quienes van de un aire frío a uno caliente o viceversa, pueden suscitar una reacción vagal. Es una respuesta exagerada del sistema nervioso autónomo, que se manifiesta en una sensación de mareo y sudoración, generalmente son sutiles, pero pueden llegar a ser muy intensos.

Contracturas musculares: El mecanismo de regulación del cuerpo es muy sabio y cuando un exceso de calor provoca el sudor de forma natural para refrigerar y preservar el equilibrio en la temperatura corporal, pero ante el aire acondicionado, el cuerpo no pueda adaptarse al contraste de este ambiente creado artificialmente.

Es muy importante que la piel y la musculatura no reciban el chorro directo de aire frío, dado que nuestro cuerpo reacciona provocando una brusca contracción muscular que nos puede provocar desde tortícolis hasta parálisis faciales, en los casos más graves.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3.14 Contraindicaciones para evitar afectaciones por causas del aire acondicionado

Para evitar problemas de salud vinculados al aire acondicionado en realidad debemos de seguir unas normas básicas y que desde luego se basan en una coherencia en la utilización de estos aparatos:

- La temperatura operativa debe mantenerse entre los 23 °C y los 26 °C (24,5±1,5 °C) para verano y en invierno, entre los 20 °C y los 24 °C (22±2 °C).
- Si se decide usar en las noches de verano, no se recomienda que la temperatura ambiental esté por debajo de los 25° C, podrían aparecer los efectos irritativos del aire frío en las mucosas respiratorias.
- La diferencia vertical de temperatura del aire entre 1.1 m y 0.1 m sobre el suelo (nivel de la cabeza y nivel de los tobillos) debe ser inferior a 3 °C.
- El límite de velocidad de las corrientes de aire acondicionado será de 0.25 m/s.
- La humedad relativa debe permanecer entre el 30% y el 70% (más favorable entre 45% y 65%).
- Adecuada renovación del aire por medio de ventilación natural tanto es los espacios de trabajo como en la vivienda.
- El flujo del aire no debe ser directo sobre las personas.
- Correcto mantenimiento y limpieza de los sistemas de ventilación y climatización. (Revisar los filtros cada año o según indicaciones de fabricante).
- Una reducción de 5 °C respecto al exterior ya proporciona una clara sensación de frescor.
- Los grandes contrastes entre exterior e interior no son buenos. Una diferencia de más de 12° C de temperatura con el exterior no es nada saludable.
- Utilización de ventiladores como opción de confort. El movimiento del aire y la evaporación de la humedad de nuestra piel produce sensaciones de descenso de temperatura entre 3 y 5 °C. (Segui, 2016)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4. METODOLOGÍA

4.1 Diagnóstico del proyecto:

Para empezar cualquier proyecto y obtener un diseño se debe realizar una recolección de información, la cual consiste en datos suministrados de la persona que solicita el requerimiento y una visita técnica en campo. En la visita que se realizó se debió verificar la necesidad requerida, la toma de parámetros para determinar un estimado de la capacidad térmica, es muy relevante y para esto se deben tener en cuenta: cantidad máxima de usuarios que habitaran el recinto, elementos eléctricos o generadores de calor como cuartos eléctricos, neveras, cantidad de computadores, cantidad de luces y todos aquellos factores que generen carga térmica).

Después de tener los datos necesarios, se realizó un esquema o un diseño del área a acondicionar (planos), con el cual se procedió a efectuar una adecuada distribución tanto del espacio a ser acondicionado como del espacio de la instalación de los equipos, ya que la distancia en la que se encuentren los equipos de la zona a ser acondicionada influye mucho tanto del material, para la instalación como para la eficiencia del funcionamiento de los equipos de aire acondicionado.

4.2 Calculo de carga térmica

Con la información obtenida se procedió a realizar el uso del software, el cual con la información suministrada da un aproximado muy acertado de la carga térmica (BTU/H) a suplir. El resultado generado por el software es un valor en TR (toneladas de refrigeración), las cuales son requeridas por estándar para generar confort en un área determinada. Al valor que el software proporciona se le multiplica un 35% de factor de seguridad, ya que los parámetros en campo suelen variar a los datos suministrados inicialmente.

La temperatura de confort estándar seleccionada es de 21°C.

En la tabla 6, se reportan las dimensiones para cada sección a acondicionar.

No.	Ancho(m)	Largo(m)	Áreas (m2)
Gerencia	5.00	5.70	28.50
Sala de Reuniones	5.00	4.80	24.00
Café Bar	3.95	7.50	29.63
Área G1 (Puestos)	7.45	6.15	45.82
Área G1 (Puestos)	7.45	6.15	45.82
Núcleos móviles			25.30
Callcenter			27.70
Rack	1.50	3.26	4.89
Área Baños (no acondicionada)	4.05	5.20	21.06
Área Sobrante (no acondicionada)	4.00	10.20	40.80
Área Archivadores (no acondicionada)	3.79	13.20	50.03
TOTAL			199.06

Tabla 4. Áreas para determinar la carga térmica (Osorio, 2017)

En las instalaciones de Servirefriaire S.A, después de tener definida la capacidad térmica requería, se postulan propuesta del sistema más adecuado a instalar de acuerdo a las necesidades y al espacio proporcionado para la instalación de los equipos de aire acondicionado.

Para determinar el área a adecuar, es importante tener en cuenta que cuando un montaje se realiza desde que se inicia la obra civil, es más fácil y de mayor comodidad a la hora del montaje, ya que no se encuentra obstrucción alguna ya sea por lámparas, rieles eléctricos o dificultades de acceso ya que en muchas de las oficinas suelen tapar la fachada del techo con Drywall.



Figura 37. Área a acondicionar. (Osorio, 2017)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Durante el desarrollo para determinar la carga térmica se validó en campo las condiciones en las que se realizaron las reformas de las instalaciones a acondicionar, se tomaron datos específicos que se requerían para determinar los BTU, y visualizar el espacio que se proporciona para determinar los equipos que mejor encajen en el espacio suministrado para la instalación de los equipos de aire acondicionado (ver figura 37).

Con la información tomada en campo se procede a determinar las BTU necesarias para determinar de cuanto es necesaria la capacidad con la cual Elementos generadores de carga térmica se deben determinar los equipos de aire acondicionado a instalar.

Sin embargo en la empresa Servirefriaire, utiliza elite software donde con la implementación de unos cuantos datos suministrados y parámetros predeterminados; arroja un cálculo aproximado para conocer la capacidad de los equipos a utilizar, teniendo en cuenta que el programa utiliza un 35% de factor de seguridad.

Los datos que requiere el software, para su proceso de cálculo es:

- La ciudad en la que se realizara el montaje.
- Altura de piso a techo
- Poniente del sol
- Cantidad de ventanas
- Cantidad de bombillo y número de elementos que puede generar carga térmica (computadores, impresoras, número de personas, entre otros).

Después de tener la capacidad necesaria para acondicionar el espacio; se procede a utilizar el software de LG, para determinar el modelo y la serie de los equipos adecuados para el sistema. Los únicos datos que pide este software es la distancia a la que van distribuidos los equipos, el tipo de equipo a seleccionar, la capacidad total y las áreas del espacio y ya el software paramétrica una adecuada distribución sugiriendo un modelo de equipos a utilizar.

4.3 Selección de equipo y componentes

De acuerdo a la distribución de las oficinas se opta por utilizar un sistema de VRF condensado por aire, con equipos tipo cassette de 4 vías.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 38. Equipo tipo Cassette 4 vías

Los equipos cassette son ideales para techos altos o muy altos. Además, suelen tener un recubrimiento anticorrosivo que protege de la contaminación y la oxidación. Estos equipos vienen con dos, tres y hasta cuatro vías para su suministro de ventilación.

La ventaja más significativa para la selección de estos equipos de aire acondicionado es su rendimiento: ya que estos garantizan un reparto uniforme del aire caliente y frío. El aire caliente tiende a “subir” hacia el techo y el frío, al ser más pesado, tiende a depositarse en el suelo. Estos equipos de aire acondicionado suministran por sus cuatro vías y su retorno de aire o toma de aire es por el medio de él. Los equipos cassette, cuentan con un plus que ningún otro equipo posee; cuentan con una bomba miniorange. La cual se encarga de drenar el agua de condensación que produzca los equipos a la vez drena el agua que se vierte al momento de realizar el mantenimiento.

El sistema de climatización de cassette reparte uniformemente el aire por los cuatro lados, de arriba abajo, y cuando está en modo calor, se abren unas aletas que impulsan el aire caliente hacia abajo.

Estos equipos son adecuados para la instalación ya que en muchos casos los clientes suelen instalar cielo falso y no garantizan un adecuado acceso a los equipos para realizar el respectivo mantenimiento, con estos equipos se tiene la tranquilidad de que si en algún momento cierran el cielo con drywall, su mantenimiento no se verá afectado ya que las partes principales a intervenir en estos equipos se encuentran desmontando la tapa frontal de los equipos y de esta forma se cuenta con el acceso adecuado a todo el contraste de la maquina. (Se anexa catálogo del equipo)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Fiabilidad

- Función de auto-limpieza y punta de ión de plata anti-moho en la tapa de drenaje.
- Bomba de drenaje integrada lo cual es muy útil en oficinas.

Fácil instalación

- Chasis compacto con una altura de solo 256mm (hasta tamaño 30).
- Unidad ligera, para una instalación fácil y rápida.

4.4 Instalación

Después de haber obtenido la capacidad térmica en BTU/H a suplir, de haber seleccionado el equipo y posteriormente de tener el sistema a instalar, se realiza el listado de los elementos para la instalación de los equipos, consecutivo a esto se proporcionan los planos de instalación los cuales son fundamentales para adecuar el recorrido de la tubería.

Desarrollo logístico de la instalación del sistema.

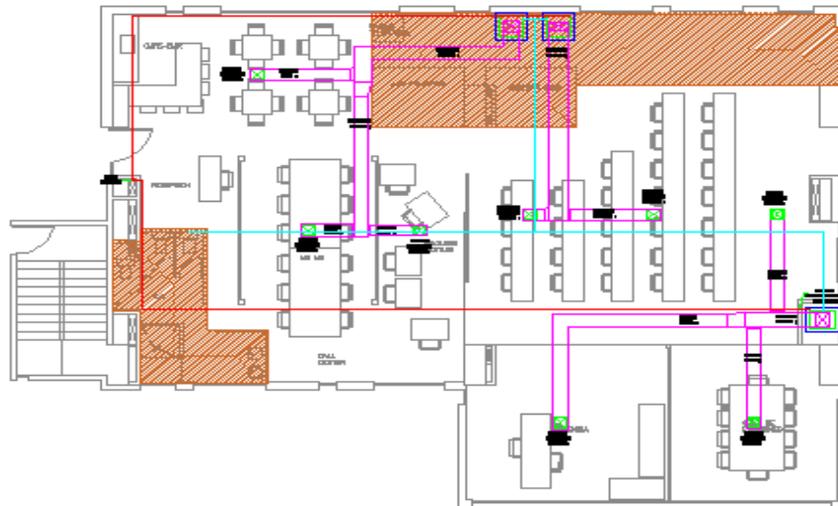


Figura 9. Diagrama de instalación. (Cañeral, 2017)

Se define un esquema de distribución de los equipos en los cuales se deben respetar los recorridos de la tubería de refrigeración y el lugar en el que deben ir instalados los equipos (ver figura 37).

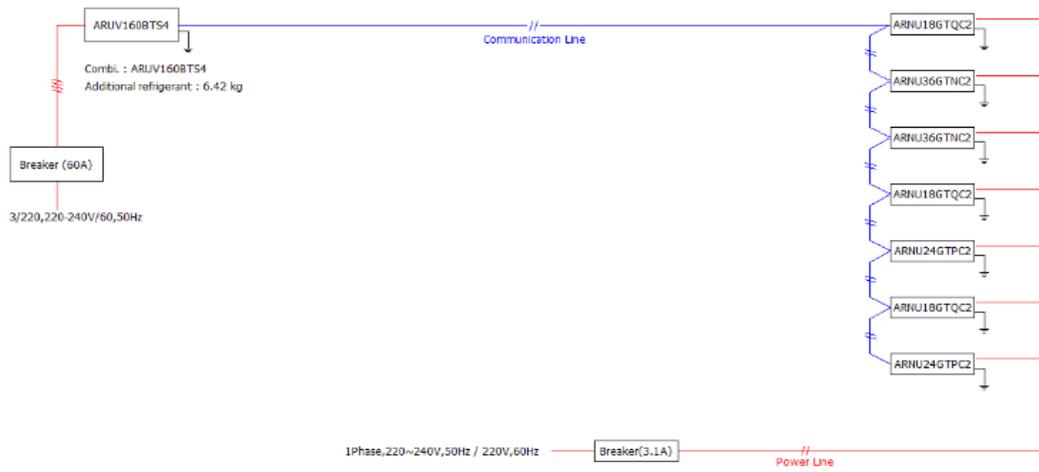


Figura 39. Conexión de equipos (Cañeral, 2017)

Se deja por claridad cómo deben ir instalados los equipos y el orden, debido a que este es un sistema VRF; todas sus conexiones son en serie, si fallan los elementos de un equipo automáticamente falla todo el sistema.

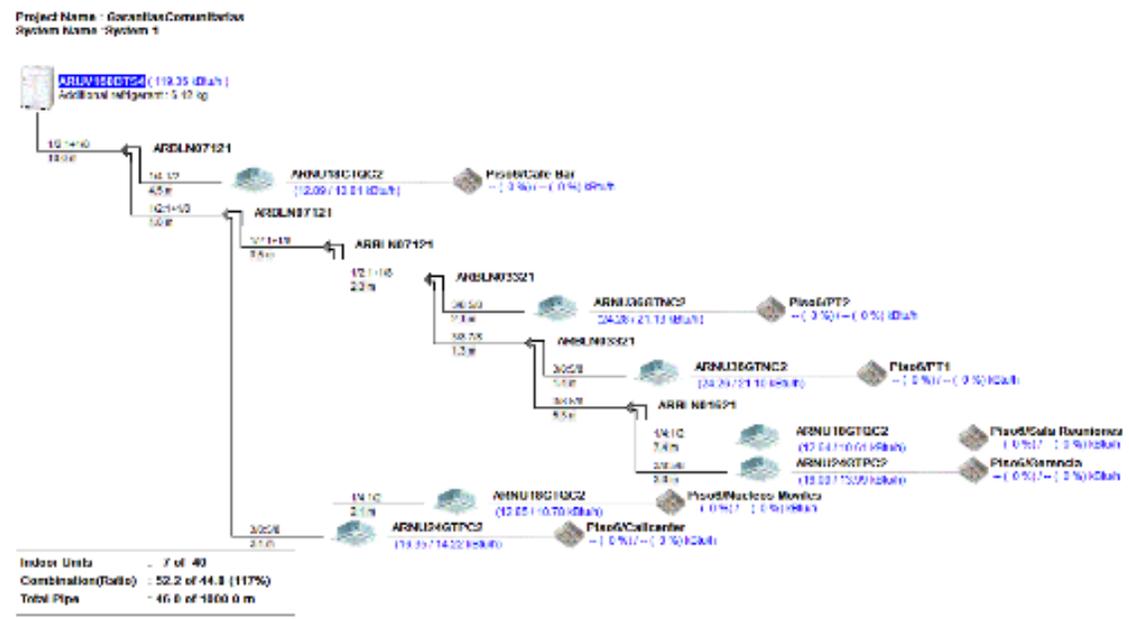


Figura 40. Diagrama unifilar (Cañeral, 2017)

Con el análisis de los planos y especificar puntos específicos del montaje, se procede a realizar la solicitud de materiales adecuados para la instalación del sistema de A&A.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Después de tener definido los elementos de instalación, como equipos, tuberías de cobre, elemento de pvc, soportaría. Se procede a realizar las respectivas distancias de los soportes de los anclajes de las tuberías de los equipos, las cuales por norma debe ser cada dos metro.

Se determina el aislamiento en la tubería, con la finalidad de evitar la alta condensación debido al choque térmico del líquido refrigerante que pasa por la tubería de cobre y la temperatura ambiente (ver figura 41).

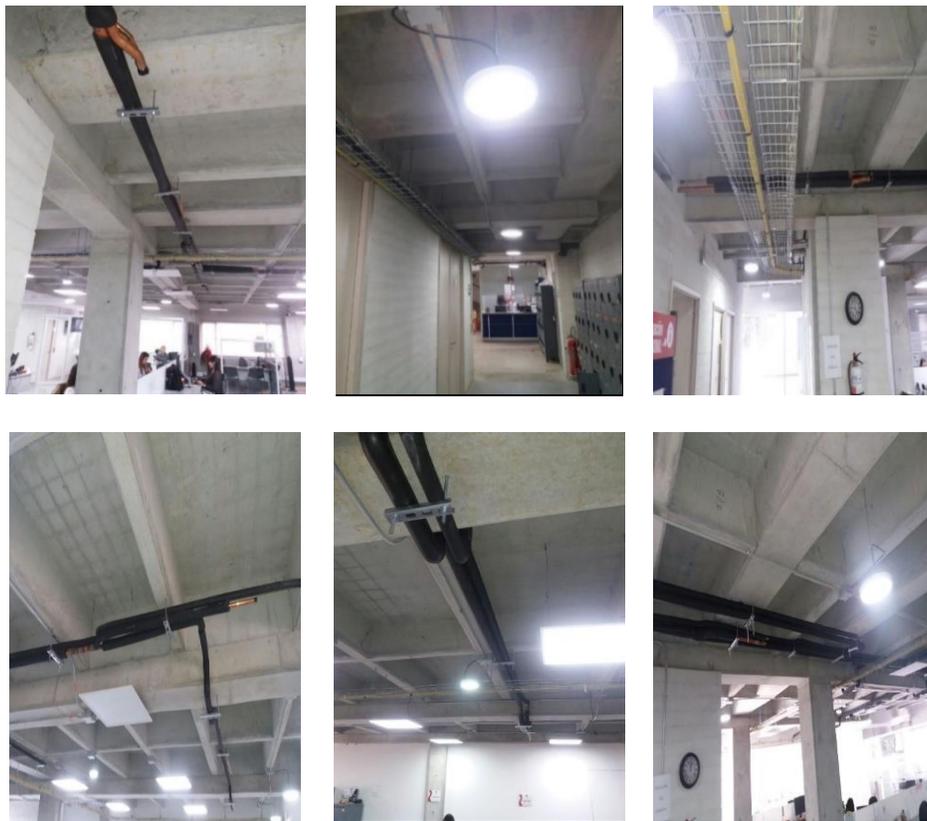


Figura 41. Instalación de tubería de refrigeración (Osorio, 2017)

En la tubería siempre hay que tener en cuenta que siempre van dos tubos unidos en un sistema ya que uno pertenece a la línea de alta y otra la línea de baja, se encuentra la tubería con sus respectivos soportes y su aislamiento. La soportaría se realiza con varilla roscada y riel mecano, el aislamiento se denomina como Rubatex.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 42. Instalación de los evaporadores (equipos cassette de 4 vías.) (Osorio, 2017)

El anclaje de los equipos cassette, consiste en perno expansivo (RL), el cual se ancla del cielo y por norma debe estar como mínimo a 15cm del cielo, con la finalidad de que a los equipos se les pueda acceder desde cualquier Angulo para permitir la facilidad del mantenimiento (ver figura 42).



Figura 43. Izada de condensadora (Osorio, 2017)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

La izada de la condensadora se debió realizar con andamios de 3X3 certificados debido a esta no fue posible elevarla por las escaleras debido a su tamaño temas peso aproximado 250kg y su altura es de aproximadamente 2 metros.

Al momento de instalar las condensadoras se procede a realiza vacío a la tubería de refrigeración, solo dos materiales deben circular en el sistema de refrigeración, el refrigerante y el aceite lubricante. Los gases no condensables y la humedad que entran en el sistema al momento de la instalación o la restauración de soldadura en los equipos pueden causar deficiencia en el funcionamiento del equipo o problemas de funcionamiento al compresor. Por lo tanto deben ser eliminados del sistema; esto se logra evacuándolos con un barriero por nitrógeno y un adecuado vacío, la cual lleva al sistema por debajo de una presión atmosférica, el vacío es recomendable llevar al sistema a 200 micrones en el cual se garantiza un vacío completo sin hacer afectaciones a la tubería (ver figura 44). (Bill, 2009)

4.5 Puesta a punto

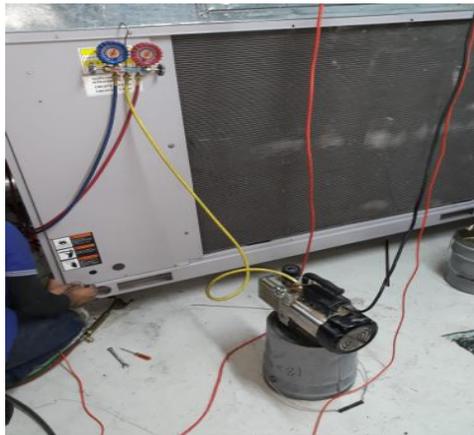


Figura 44. Vacío del sistema. (Osorio, 2017)

Prueba de presiones estacionaria

Después de realizar un adecuado vacío se procede a instalar el juego de manómetros, los cuales previamente fue revisada su calibración. Con el medidor abierto a la atmosfera, debe indicar 0 psig. Si este valor no se cumple se debe realizar el proceso de calibración manual y de este no ser posible se realiza el cambio de instrumento, con juego de manómetros se verifican las presiones; después de verificar la calibración se debe verificar el estado de las mangueras ya que si estas se encuentran defectuosas pueden presentar datos erróneos en la

medición, al instalar este instrumento se realiza carga con nitrógeno al sistema llevando la presión a 150 psig para verificar la estanquidad y corroborar que el sistema no posea fuga en algunas de los puntos de soldaduras realizados en la tubería de cobre.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El sistema a instalar es el **Sistema VRF**: El VRF es un sistema de climatización inteligente con control de flujo de refrigerante variable que permite mantener un control individual de zonas en cada lugar de un piso o en cada planta de un edificio (Industrial, comercial, hotelero entre otros). En los sistemas VRF existe una unidad externa común (unidad condensadora) que está conectada con múltiples unidades internas (unidades evaporadoras) a través de tuberías de cobre aisladas.

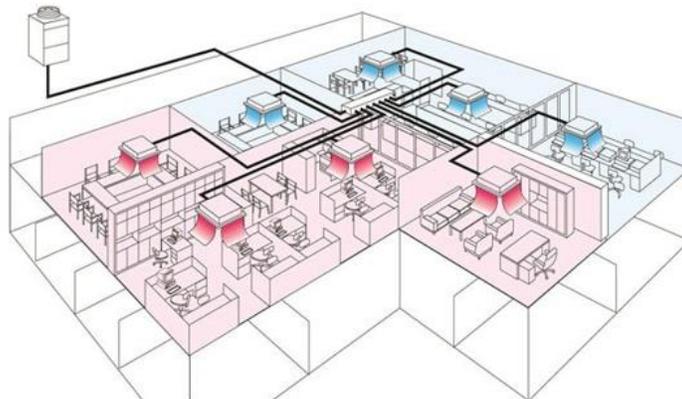


Figura 45. Distribución de sistema de aire independiente con sistema VRF. (Cañeral, 2017)

Check Figures			
Total Building Supply Air (based on a 8° TD):	7,336	L/s	
Total Building Vent. Air (2.94% of Supply):	215	L/s	
Total Conditioned Air Space:	343	Sq.m	
Supply Air Per Unit Area:	21.3883	L/s/Sq.m	
Area Per Cooling Capacity:	4.8469	Sq.m/kW	17.0 Sq.m/Ton
Cooling Capacity Per Area:	0.2063	kW/Sq.m	0.0587 Tons/Sq.m
Heating Capacity Per Area:	0.00	Watts/Sq.m	
Total Heating Required With Outside Air:	0.00	kW	
Total Cooling With Outside Air:	70.77	kW	20.12 Tons

Tabla 5. Capacidad requerida en BTU

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

 LG Life's Good		LG AIR CONDITIONER MULTI V™ IV		
PROYECTO:	MULTI V	059-MED-MULTI V-SERVIFRIARE-CZ-150617-Vr0-R0		
CLIENTE:	SERVIFRIARE	Fecha de Emisión: junio 15 de 2017		
CONTACTO:	YULIETH			
MAIL:	cefrax@servifriare.com			
1. UNIDADES EXTERIORES				
MODELO	CAPACIDAD NOMINAL - CONFIGURACIÓN	CANT.	VALOR UNITARIO SIN IVA	VALOR TOTAL SIN IVA
MULTI V PLUS IV - 220V - 3φ				
ARUV160BTS4	152900 Btu/h	1	\$ 13.620.198	\$ 13.620.198
SUBTOTAL UNIDADES EXTERIORES				\$ 13.620.198
2. UNIDADES INTERIORES				
MODELO	CAPACIDAD NOMINAL	CANT.	VALOR UNITARIO SIN IVA	VALOR TOTAL SIN IVA
TIPO CASSETTE 4 VIAS				
ARNU18GTQC2	19.100	1	\$ 1.332.544	\$ 1.332.544
PT-UQC	Panel frontal	1	\$ 225.122	\$ 225.122
ARNU24GTPC2	24.200	2	\$ 1.556.878	\$ 3.113.756
PT-UMC1	Panel frontal	2	\$ 232.577	\$ 465.154
ARNU36GTNC2	36.200	2	\$ 2.180.526	\$ 4.361.052
PT-UMC1	Panel frontal	2	\$ 232.577	\$ 465.154
ARNU48GTMC2	48.100	1	\$ 2.476.647	\$ 2.476.647
PT-UMC1	Panel frontal	1	\$ 232.577	\$ 232.577
SUBTOTAL UNIDADES INTERIORES				\$ 12.672.006

Tabla 6. Cantidad de equipos a instalar con sus respectivas capacidades. (Cañeral, 2017)

4. CONTROLES				
MODELO	DESCRIPCIÓN	CANT.	VALOR UNITARIO SIN IVA	VALOR TOTAL SIN IVA
PQWRC00FDB	Control individual inalámbrico	6	\$ 106.736	\$ 640.416
PQCSZ250S0	Control central AC EZ hasta 32 unidades	1	\$ 1.157.189	\$ 1.157.189
SUBTOTAL CONTROLES				\$ 1.797.605
				SUBTOTAL \$ 29.024.088
				IVA \$ 5.514.577
				TOTAL \$ 34.538.665

Tabla 7. referencias de controles de cada evaporador. (Cañeral, 2017)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3. ACCESORIOS TUBERIA (BRANCHES Y HEADERS)				
MODELO	DESCRIPCIÓN	CANT.	VALOR UNITARIO SIN IVA	VALOR TOTAL SIN IVA
ARBLN01621	Y Branch	1	\$ 124.541	\$ 124.541
ARBLN03321	Y Branch	2	\$ 155.698	\$ 311.396
ARBLN07121	Y Branch	2	\$ 249.171	\$ 498.342
SUBTOTAL ACCESORIOS TUBERIA				\$ 934.279

Tabla 8. Modelo de las Y Branch a instalar. (Cañeral, 2017)

No.	Ancho(m)	Largo(m)	Áreas (m ²)	Carga por área (TR)	Carga por área (Btu)	CFM	Carga a Instalar (Btu)	CFM a Instalar
zona 1	5.00	5.70	28.50	1.672	22,067	809	24,000	800
zona 2	5.00	4.80	24.00	1.408	18,583	681	18,000	600
zona 3	3.95	7.50	29.63	1.738	22,939	841	24,000	800
zona 4	7.45	6.15	45.82	2.688	35,476	1301	36,000	1,200
zona 5	7.45	6.15	45.82	2.688	35,476	1301	36,000	1,200
zona 6			25.30	1.484	19,590	718	18,000	600
zona 7			27.70	1.625	21,448	786	24,000	800
Rack	1.50	3.26	4.89	0.287	3,786	139	-	-
Área Baños (no acondionada)	4.05	5.20	21.06	1.235	16,307		-	-
Area Sobrante (no acondionada)	4.00	10.20	40.80	2.393	31,591		-	-
Area Archivadores (no acondionada)	3.79	13.20	50.03	2.935	38,737		-	-
TOTAL			199.06	20.152	227,264			

Tabla 9. Cargas axiales del sistema. (Cañeral, 2017)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

6 CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

Se logró realizar una adecuada instalación en la cual se cumplió con el objetivo de adecuar un área de $199.06m^2$, la cual se compone de un sistema VRF de expansión directa, por equipos cassette de cuatro vías la cual logra una óptima eficiencia a la hora de funcionalidad, cumple con fáciles accesos para realizar el mantenimiento y se deja determinada una rutina de mantenimiento preventivo con el fin de garantizar la óptima eficiencia de los equipos y que se prolongue su periodo de vida y funcionalidad.

Se concluye que la instalación de los equipos de aire acondicionado debe ir a la par de la construcción de la obra del edificio ya que si no se determinan puntos específicos para la instalación de los equipos esto puede generar grandes inconvenientes a la hora del montaje, además facilita la instalación de los equipos al no haber interferencia de algún otro elemento como rieles eléctricos, lámparas o cualquier otro obstáculo que la obra instale.

Es de gran importancia lograr que la distancia en la que se encuentren la unidad condensadora (UCA) de la unidad manejadora (UMA), influye mucho en la eficiencia de los equipos, la complejidad y costos del montaje tanto por el material para la instalación como por el tiempo de la demora en la instalación de los equipos y recorridos de tubería.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

7 REFERENCIAS

- Acevedo, A. (s.f.). El uso de acondicionadores de aire de alta eficiencia le produce ahorros. *Corriente Verde*. Obtenido de <http://www.corrienteverde.com/articulos/uso%20acondicionadores%20aire%20altaeficiencia.html>
- Alvares lopez, R. (2010). Compresores centrifugos. *Blogger*, 33667.
- aucadenas. (18 de octubre de 2011). *scribd*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/69332564/tipos-condensadores>
- Beatriz, n., & daza, a. (2011). *MANUAL BASICO DE SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO Y EXTRACCION MECANICA*. EL Salvador: ANTIGUO CUSCATLAN.
- Bembibre, C. (11 de 05 de 2010). *Definición ABC*. Obtenido de <https://www.definicionabc.com/tecnologia/aire-acondicionado.php>
- Bill, J. (2009). *Tecnología de refrigeracion y aire acondicionado*. Australia;brasil;corea;españa;estados unidos;japon; mexico: DELMAR CENGAGLE Learning.
- Cañeral, J. (11 de Septiembre de 2017). Cruz Roja. Medellin, Colombia.
- Climatizacion y refrigeracion* . (26 de ferebro de 2015). Obtenido de http://www.ifema.es/climatizacion_01/Prensa/NovedadesdeExpositor/INS_P_499370
- Como trabaja un compresor rotativo con piston*. (6 de noviembre de 2016). Obtenido de <http://www.aires-acondicionados.info/trabaja-compresor-rotativo-piston-rodante/>
- Control y calidad del agua en condensadores evaporativos*. (12 de junio de 2017). Obtenido de <https://www.0grados.com/control-calidad-del-agua-condensadores-evaporativos/>
- FAaye, M., & Parker, J. (2010). *Calefacciomn, ventilacion y aire acondicionado*. mexico: Limusa Wiley.
- Fenshen. (1999). *STRICT QUALITY CONTROL*. SHANGHAI FENGSCHEEN: alibaba.
- Gajate, R. (2015). *AIRE ACONDICIONADO GENERAL VS SISTEMA AUTÓNOMO*. España: twenergy.
- Giraldo, Y. (12 de ENERO de 2018). *ESPECIALIDSTA EN REFRIGERACION*. Obtenido de <https://www.gildardoyanez.com/refrigerantes/estandard-34-ashrae/>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- Gonzales, C. (16 de Mayo de 2016). *Condensadores*. Obtenido de <https://frigoristas.wordpress.com/condensadores/>
- Granados, L. (13 de junio de 2011). *Profeco*. Obtenido de https://www.profeco.gob.mx/encuesta/brujula/bruj_2011/bol195_aires.asp
- Gurrea, J. (14 de Abril de 2010). *Tipos de compresores*. Obtenido de <http://tecnologia-compresores.blogspot.com/2010/04/tipos-de-compresores.html>
- Hernandez, L. (13 de Diciembre de 2010). *El aire caliente no sube, es el frío el que baja*. Obtenido de <http://www.cienciaonline.com/2010/12/13/el-aire-caliente-no-sube-es-el-frio-el-que-baja/>
- Holloway, D. (20 de julio de 2017). *Cooling Systems*. Obtenido de <http://www.coolingsystems.es/portfolio-item/condensadores-aire-planos-v/>
- Lara, E. (28 de mayo de 2016). *Refrigeracion*. Obtenido de <http://cetis146c05.blogspot.com/2016/05/5-restrictor.html>
- LIRA, R. (2017). *Compresores Reciprocantes*. Maracaibo: Universidad experimental Rafael Mariano Baralt.
- Lopez, U., & Vasquez, C. (2015). Sistema Neumatico e hidraulico. *Instituto Politecnico Nacional*, 7.
- LOPEZ, V. (5 de OCTUBRE de 2017). *PRAGA CLIMATIZACION*. Obtenido de http://www.pragaclimatizacion.contactese.com/?http://www.pragaclimatizacion.contactese.com/&gclid=CjwKCAiA4OvhBRAjEiwAU2FoJcH4qssOmTzOTxSlgleszqHcT4wUHGyVSBvt2sGT4j1S0bRUankKkxhCNBEQAvD_BwE
- Mancini DI Meco, P. (2004). *Refrigeracion comercial, domestica, industrial y aire acondicionado*. Mexico: Trillas.
- Meet Wordpress. (2018). Obtenido de <http://comofunciona.co.com/evaporador/>
- Mendez, A. (2005). *Diseño Acondicionamiento Termico*. Argentina: Nobuko.
- Monier, J. (2015). *Aquaflair*. Francia: Schneider Electric.
- Nogara, S. (4 de Septiembre de 2014). *Determinación del metabolismo energético*. Obtenido de http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_323.pdf
- Osorio, G. (10 de Septiembre de 2017). Cruz Roja. *Cruz Roja*. Medellin, Antioquia, Colombia.
- Parra, A. C., & Crespo Marquez, A. (2015). *Ingenieria de mantenimiento y fiabilidad Aplicada en la gestion de activos*. España: Ingeman, Sevilla, España.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Paz, D. (11 de Diciembre de 2014). *Compresores reciprocantes*. Obtenido de <http://compresoresreciprocantes-unteiq.blogspot.com/>

Perez Porto, j. -M. (2014). *Aire acondicionado*. Obtenido de Definicion: <https://definicion.de/aire-acondicionado/>

Pierre, R., & Jacquard, P. (mayo de 1999). *Formulario del frio*. Obtenido de http://www.juntadeandalucia.es/averroes/centros-tic/21700502/moodle/file.php/77/2_Curso/0040._Montaje_y_mantenimiento_de_equipos_de_refrigeracion_comercial/Capitulo_III/Funcionamiento_y_Reglaje_de_las_Valvulas_de_expansion.pdf

Pinkston, F. (24 de noviembre de 2014). *Capilares y su funcionamiento*. Obtenido de <https://blogquimobasicos.com/2014/11/24/los-capilares-y-su-funcionamiento/>

Pita, E. (2006). *Acondicionamiento de aire principios y sistemas*. New Yor City: Compañía Editorial Continental.

Rodriguez, E. (2005). *LOS REFRIGERANTES EN LAS INSTALACIONES FRIGORIFICAS*. ESPAÑA: Thomson Editores Spain Paraninfo S.A.

Rodriguez, H. (2 de junio de 1997). *Guía para el Cálculo de las cargas termicas en los edificios*. Obtenido de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn255.html>

Rosas D, J. (28 de Octubre de 2007). *Las 5'S herramientas básicas de mejora de la calidad de vida*. Obtenido de Paritarios: http://www.paritarios.cl/especial_las_5s.htm

Segui, P. (2016). *Ovacen*. Obtenido de <https://ovacen.com/aire-acondicionado-salud/>

Simec. (18 de Septiembre de 2014). *Condensadores y clasificación*. Obtenido de <http://www.blog.simec.biz/condensadores-y-clasificacion/>

Vidsl, H. (8 de marzo de 2012). *Turbo compresores axiales*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/tomislavz/presentacin-turbocompresores-axiales>

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

8 APÉNDICE

Conceptos:

Blower Ventilador: encargado de extraer el aire e impulsarlo a través del evaporador del ciclo de refrigeración de los aires acondicionados.

Calor: Es la forma o manifestación de energía propia de los movimientos a que están sujetas las moléculas que constituyen los cuerpos. Al calentarse un cuerpo aumenta la energía cinética de las moléculas, produciéndose choques más o menos violentos, según la cantidad de calor entregada, en el proceso de enfriamiento ocurre lo contrario. El calor puede cuantificarse entonces teniendo en cuenta dos magnitudes fundamentales: intensidad de calor y cantidad de calor.

Calor Sensible: Cantidad de calor que se suministra o sustrae en una sustancia a presión constante para aumentar o disminuir la temperatura respectivamente.

Calor Latente: Cantidad de calor que se suministra o sustrae de una sustancia para pasar de un estado físico a otro sin variar su temperatura.

Entalpia: Cantidad de energía absorbida o cedida por un sistema termodinámico, es decir, la cantidad de energía que un sistema intercambia con su entorno.

Humedad relativa: Cantidad de vapor de agua contenida en el aire, en cualquier momento determinado, normalmente es menor que el necesario para saturar el aire.

Humedad absoluta: Cantidad de vapor de agua (generalmente medida en granos) por unidad de volumen de aire ambiente (medido en metros cúbicos). Es uno de los modos de valorar la cantidad de vapor contenido en el aire, lo que sirve, con el dato de la temperatura, para estimar la capacidad del aire para admitir o no mayor cantidad de vapor.

Manejadora: Es el componente de los equipos de aire acondicionado donde se ubica el evaporador del ciclo de refrigeración, por lo general está conformado por un intercambiador de calor de tubos con aletas por los cuales transita

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

internamente el refrigerante y por el exterior una corriente de aire que disminuye su temperatura e ingresa al recinto.

Refrigerante R-22: Es un clorodifluorometano comúnmente usado en los sistemas de aire acondicionado y en varias otras aplicaciones de refrigeración. Su principal ventaja es el bajo punto de fusión (-157°C); sin embargo su impacto al medio ambiente es negativo.

Refrigerante R-410A: Es un refrigerante de alta seguridad, clasificado por ASHRAE como no tóxico y no inflamable. Contiene en su composición HFC (Hidrofluro carbonado). Es más eficiente que el R-22, sin embargo las presiones a las que trabaja son 1,6 veces más altas. Temperatura bulbo seco Es la medida con un termómetro convencional de mercurio o similar cuyo bulbo se encuentra seco.

Termómetro de bulbo húmedo: Es un termómetro de mercurio que tiene el bulbo envuelto en un paño de algodón empapado de agua. Al proporcionarle una corriente de aire, el agua se evapora más o menos rápidamente dependiendo de la humedad relativa del ambiente, enfriándose más cuanto menor sea ésta, debido al calor latente de evaporación del agua.

Unidad Condensadora: Es el componente de los equipos de aire acondicionado donde se ubica el compresor, condensador y la válvula de expansión del ciclo de refrigeración.

Volumen Específico: Se define como el volumen por unidad de masa. Es decir, el recíproco de la densidad.

Zona de Confort: El ser humano está cómodo bajo una variedad de combinaciones de temperatura y humedad. La mayoría de la gente está cómoda en una atmósfera con una humedad relativa de entre 30% y 70%, y una temperatura entre 21° C y 29° C.

Azeótropos: es una mezcla líquida de composición definida (única) entre dos o más compuestos químicos que hierve a temperatura constante y que se comporta como si estuviese formada por un solo componente, por lo que al hervir su fase de vapor tendrá la misma composición que su fase líquida.

