



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

INGENIERÍA ELÉCTRICO-MECÁNICA

TÍTULO:

**“ ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN CENTRALIZADO,
PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL EDIFICIO WORLD
TRADE CENTER.”**

AUTOR:

MORENO JARAMILLO JOSÉ DAVID

TUTOR:

ING. ORLANDO PHILCO

Guayaquil, Ecuador

2015



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA: INGENIERIA ELÉCTRICO-MECÁNICA**

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por Moreno Jaramillo José David como requerimiento parcial para la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico-Mecánico.

TUTOR

Ing. Orlando Philco

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. Miguel Armando Heras Sánchez

Guayaquil, a los 05 de septiembre del año 2015



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA: INGENIERIA ELÉCTRICO-MECÁNICA
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **JOSÉ DAVID MORENO JARAMILLO**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación: Análisis del sistema de climatización centralizado, para la eficiencia energética del edificio world trade center previa a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico-Mecánico, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 05 de septiembre del año 2015

EL AUTOR

José David Moreno Jaramillo



UNIVERSIDAD CATÓLICA

DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA: INGENIERIA ELÉCTRICO-MECÁNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **José David Moreno Jaramillo**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: Análisis del sistema de climatización para la eficiencia energética del edificio world trade center, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 05 de septiembre del año 2015

EL AUTOR:

José David Moreno Jaramillo



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA: INGENIERIA ELÉCTRICO-MECÁNICA**

CALIFICACIÓN

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por darme la oportunidad de tener a mi familia, la cual me ha ayudado en las diferentes etapas de mi vida, también que me apoyaron con mi educación en todo momento, esencialmente a mi padre que siempre me ayudo con consejos y experiencia de vida, ya que mi carrera es muy parecida a la que el estudio, también porque nunca se olvidó de mí, siempre nos llevó a su lado a todos los lugares donde él fuera a trabajar, recuerdo que desde muy joven siempre me decía que lo acompañara los fin de semana o un día que fuera un feriado, a la fábrica donde él trabajaba para ver si me interesaba estudiar lo mismo o algo parecido, al principio me pareció que era el trabajo no era de lo muy bueno siempre pensé , “que estar en una empresa toda una semana he ir casi todos los días de 7 a 7 no era lo mío”, pero poco después me di cuenta que realmente me gustaba la parte técnica de una empresa, por eso tengo un profundo agradecimiento con mi padre, por darme la pautas de cómo empezar con mi vida laboral, de haberme enseñado casi todo en la vida, y a mi madre por darme la enseñanzas de la vida y fortalecer mi carácter y actitud, como persona y ser humano, también por enseñarme una vida espiritual bajo las leyes de cristianismo criarme desde pequeño y aguantarme todos mis tristezas, berrinches, bochornos, lloraderas y por también por ayudarme en mis metas , mis triunfos y éxitos.

DEDICATORIA

Este triunfo en primer lugar se lo dedico principalmente a dios por haberme dado mi vida, porque sin él no fuera el hombre que soy actualmente, tampoco me hubiera dado a mi familia, segundo lugar quiero agradecerle a mi madre la Sra. María Judith Jaramillo Gallardo y al Ing. German Alfonso Moreno Pardo, por ser mis padres, que me dieron la vida que tengo y darme mis principios de hombre de bien , los cuales me han servido en toda mi vida, en diferentes fases de mi vida , por haberme ayudado con mis metas, en tercer lugar a mi familia en general, a mis hermanos por ser personas estupendamente grandiosas y ayudar en la familia cuando se los necesita , a mis tíos por ser un gran ejemplo de vida para otras personas y para mí, a mis primos por ser mis compañeros de vida, a la universidad católica Santiago De Guayaquil la cual me supo acoger para ser un estudiante más y aprender en cada una de sus materias por medio de sus maestros pasmándome sus conocimientos vividos, en teoría y resumidos, también esta dedicatoria en fin es para las personas que compartieron un poco de su vida conmigo.

ÍNDICE GENERAL

1. CAPITULO I	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. ANTECEDENTES.....	2
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.5. OBJETIVOS.....	4
1.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.5.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS	4
1.6. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	5
1.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	5
1.6.2. VARIABLE DEPENDIENTE.....	5
1.7. HIPÓTESIS	5
1.8. METODOLOGÍA	6
2. MARCO TEÓRICO	7
2.1. EFICIENCIA:.....	7
2.2. EFICIENCIA PARA MÁQUINAS ELÉCTRICAS CA:.....	7
2.3. PÉRDIDAS EN MÁQUINAS CA:.....	8
2.3.1. PÉRDIDAS ELÉCTRICAS O PÉRDIDAS EN EL COBRE:.....	9
2.3.2. PÉRDIDAS EN EL NÚCLEO:.....	9
2.3.3. PÉRDIDAS MECÁNICAS:.....	10
2.3.4. PÉRDIDAS DISPERSAS:	10
2.4. DISPOSITIVOS DE MEJORA DE EFICIENCIA ELÉCTRICA EN SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN:.....	10
2.5. SOLUCIONES MODULARES O DE BOMBEO COMPLEJAS:.....	11
2.5.1. ALTIVAR61:	11
2.5.2. SINAMICS G120C:	13
2.5.3. POWER FLEX SERIES 520:	14
2.6. AHORRO DE ENERGÍA CON CONTROL DE CLIMATIZACIÓN (HVAC):	15
2.7. TIPOS DE SISTEMAS EN EL ÁREA DE CLIMATIZACIÓN:.....	16
2.7.1. SISTEMAS AIRE-AIRE:	17

2.7.2.	SISTEMAS AIRE-AGUA:	18
2.7.3.	SISTEMAS AGUA-AIRE:	18
2.7.4.	SISTEMAS AGUA-AGUA:	18
2.8.	AGRUPACIÓN DE LOS SISTEMAS SEGÚN SU EXPIACIÓN:	18
2.10.	GAS REFRIGERANTE:.....	24
2.11.	TORRE DE ENFRIAMIENTO:	25
2.11.1.	TORRES DE ENFRIAMIENTO DE CIRCULACIÓN NATURAL:	28
2.11.2.	TORRE DE ENFRIAMIENTO DE ENFRIAMIENTO DE TIRO MECÁNICO:	29
2.12.	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA LLUVIAS :	31
2.13.	MOTOR DE EXTRACCIÓN DE EVAPORACIÓN:	32
2.14.	FÓRMULAS DE EFICIENCIA EN EVAPORACIÓN LAS TORRE DE ENFRIAMIENTO:	33
2.16.	TUBERÍA DE AGUA PARA ALIMENTACIÓN DE CENTRALES DE AIRE ACONDICIONADO:	39
2.17.	MOTORES SÍNCRONOS:	39
2.18.	MOTORES ASÍNCRONOS:	40
2.19.	MÁQUINAS DE AIRE ACONDICIONADO DISEÑADAS PARA EL SISTEMA ENFRIADO POR AGUA:	42
2.20.	UNIDAD MANEJADORA DE AIRE (U.M.A. o UTA):.....	43
2.21.	UNIDAD PAQUETE (U.P.):.....	44
2.23.	PANEL DE CONTROL:.....	47
2.23.1.	CONTACTOR:	48
2.23.2.	RELÉ TÉRMICO:.....	50
2.23.3.	TEMPORIZADOR:	53
2.24.	ARRANQUE DIRECTO:	53
2.25.	ARRANQUE ESTRELLA-DELTA:	54
2.26.	ARRANQUE DAHLANDER:.....	57
3.	RECOLECCIÓN DE DATOS	60
3.1.	RECOLECCIÓN DE CORRIENTE DE LÍNEAS DE TODOS LOS MOTORES DE LOS SISTEMAS CENTRALIZADO W.T.C.:	60
3.2.	RECOLECCIÓN DE DATOS DE PLACA DE MOTORES DE CIRCULACIÓN DE AGUA PARA LA TORRE DE ENFRIAMIENTO:.....	60
3.3.	RECOLECCIÓN DE DATOS DE PLACA DE MOTORES DEL VENTILADOR DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO:.....	61

3.4.	RECOLECCIÓN DE DATOS DE PLACA DE MOTORES DE CIRCUITO CERRADO:	62
3.5.	TABLA DE PROMEDIO DE CORRIENTE DE LÍNEA DE MOTORES CIRCUITO CERRADO:	63
3.6.	TABLA DE PROMEDIO DE CORRIENTE DE LÍNEA DE MOTORES DE BOMBA DE DE TORRE DE ENFRIAMIENTO:	63
3.7.	TABLA DE PROMEDIO DE CORRIENTE DE LÍNEA DE MOTORES DE VENTILACIÓN:	64
3.8.	RECOLECCIÓN DE DATOS EN EL CIRCUITO CERRADO EDIFICIO TORRE A:	64
3.9.	RECOLECCIÓN DE DATOS EN EL CIRCUITO CERRADO EDIFICIO TORRE B:	65
3.10.	RECOLECCIÓN DE DATOS EN EL CIRCUITO CERRADO EDIFICIO CENTRO COMERCIAL:	66
4.	ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN DEL WORLD TRADE CENTER	68
4.2.	EL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN CENTRALIZADO POR PARTES:	68
4.2.1.	SISTEMA CENTRAL:	68
4.2.2.	SISTEMA DE CIRCULACIÓN :	68
4.3.	ANÁLISIS DE LA TORRES DE ENFRIAMIENTO:	69
4.4.	ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LAS TORRE DE ENFRIAMIENTO:	70
4.4.1.	CALCULO DE POTENCIA DEL MOTOR DE RECIRCULACIÓN DE AGUA:	70
4.4.2.	CALCULO DEL MOTOR DE VENTILADOR DE LA TORRE :	71
4.4.3.	ANÁLISIS DE CIRCUITO CERRADO EDIFICIO TORRE A.	72
4.4.4.	ANÁLISIS DE CIRCUITO CERRADO EDIFICIO TORRE B.	73
4.4.5.	ANÁLISIS DE LA CIRCUITO CERRADO EDIFICIO CENTRO COMERCIAL:	74
4.5.	CALCULO ELÉCTRICO DEL MOTOR DE LA BOMBA DE CIRCUITO CERRADO :	75
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
5.1.	CONCLUSIONES	76
5.2.	RECOMENDACIONES	78
5.3.	ANEXOS	80
	BIBLIOGRAFIA	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.5.1:variador de frecuencia ALTIVAR61	12
Figura2.5.2: variador sinamics g120c.....	13
Figura 2.5.3:variador de velocidad allen bralley	14
Figura 2.6: un sistema de control complejo para sistemas HVAC	15
Figura 2.9.1:diagrama de ciclo de compresión mecánica.....	19
Figura. 2.9.2: Ciclo de refrigeración por compresión.....	20
Figura 2.9.3: compresor hermético para aire acondicionado.....	21
Figura 2.9.4:compresor hermético marca copeland scroll.....	22
Figura 2.9.5:condensador de aire acondicionado marca carrier	23
Figura 2.10:tipos de gases refrigerantes usados para sistema de climatización	24
Figura 2.11.1: torre de enfriamiento.....	25
Figura 2.11.2:Torre de enfriamiento modelo ATW-207B ventilación y serpentín	27
Figura 2.11.1.1: torre de enfriamiento atmosférica	28
Figura 2.11.2.1: torre de enfriamiento de tiro inducido.....	30
Figura 2.11.2.2: torre de enfriamiento de tiro forzado	31
Figura 2.13.1:mecanismo de ventilación inducido por un motor	32
Figura 2.14.1:forma incorrecta de instalar una torre de enfriamiento	34
Figura 2.14.2:forma correcta de instalar una torre de enfriamiento	35
Figura 2.15: chillers modelo rtac serie r	38
Figura2.17: motor síncronos y sus partes	40
Figura 2.18.1: devanado y rotor de motor	41
Figura 2.18.2: devanado y rotor de motor	41
Figura 2.19:serpentín para unidad paquete.....	42
Figura 2.20: unidad manejadora de aire	43
Figura 2.21.1 unidad paquete enfriada por agua	44
Figura 2.21.2:Unidad paquete enfriado por agua	45
Figura 2.21.3: Ciclo de compresión de vapor de up.....	46
Figura 2.22: maquina fancoil.....	46
Figura: 2.23:panel de control de mando para motores	47
Figura 2.23.2.2:curva de disparo de los relé térmicos.....	52
Figura 2.24.1:esquema de control y fuerza de un arranque directo.....	54

Figura.2.25.1: Diagrama de control arranque estrella-delta	55
Figura2.25.2:Diagrama de control de arranque estrella-delta	56
Figura2.26.1 : diagrama de fuerza de arranque dahlander	57
Figura 2.26.2:diagrama de fuerza de control dahlander	58
Figura3.1:Toma de corriente de línea en motores del sistema climatización.....	60
Figura:3.3placa nominal del motor de 40 hp del mecanismo de ventilacion	62
Figura3.4:placa nominal del motor de 75 hp del mecanismo de circuito cerrado.....	62
Figura3.8:planos de circuito cerrado de la torre A	65
Figura 3.9:planos de circuito cerrado de la torre B	66
Figura 3.10:planos de circuito cerrado del centro comercial.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 3.5promedio de corriente de línea tomado en operación de síes motores.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla3.6 promedio de corriente de línea tomado en operación de síes motores.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabla3.7 promedio de corriente de línea tomado en operación de síes motores.....</i>	<i>64</i>

RESUMEN

El trabajo de investigación que se realiza, tiene como principal argumento, hacer un análisis para mejorar la eficiencia en el sistema climatización centralizado del edificio world trade center, los análisis se hacen teóricos y prácticos, se lo hacen con el fin de para probar la primera premisa de la hipótesis, para esto se va hacer una investigación detallada de los tipos de sistemas climatización existentes, de cada dispositivos puntualmente que se tenga, mejoras puntuales que ayuden al beneficio de la eficiencia energética, también en el campo para tomar muestras y recolección de datos de dicho universo (sistema de climatización centralizado); al hacer este tipo de investigación puedo afirmar si el sistema de climatización es eficiente en su diseño y construcción, pero por otro lado también arrojar otro resultados como que necesite una mejora o actualización en un equipo, que también pueda darse a un dispositivo, eso sería si es que el resultado del análisis me indicara que el sistema de climatización tenga problemas de eficiencia, problemas continuos y problemas puntuales, al concluir este proyecto se podrá ver, si es que puede dicho sistema tener mejoras como comunicación más sencilla entre usuario y maquina o tener que cambiar el sistemas completo por otro sistemas ya más eficiente que el antiguo.

ABSTRACT

The research that has as its main argument effected, Making analysis to improve efficiency in the central air conditioning system of the building world trade center, the analyzes are theoretical and practical, they will do it to prove the first premise of the hypothesis, this is going to make a detailed investigation of the types of air conditioning systems, punctually each device you have, specific improvements that help the benefits of energy efficiency, Also in the field for sampling and data collection that universe (centralized air conditioning system); to do this kind of research I can tell if the HVAC system is efficient in its design and construction, but on the other hand also yield other results as you need an upgrade or update on a computer, it can also be a device that would if the analysis results show me that the air conditioning system has efficiency problems, continuing problems and specific problems, the completion of this project can be seen, if the system can be improved and easier communication between user and machine or having to change the entire system and other systems and more efficient than the old.

1. CAPITULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, el uso de los diferentes tipos de sistemas de climatización son usados comúnmente en la sociedad, son mundialmente conocidos y casi todas las personas tienen acceso a estos aparatos, sistemas o dispositivos.

Cuando se habla de un acondicionador de aire se habla de conformidad de un ambiente mejor relativamente o confortar un entorno predestinado, también se puede afirmar que mejora el tipo de vida del ser humano y su entorno.

El uso de los acondicionadores de aire ha evolucionado mediante el paso del tiempo en la historia, actualmente también se lo usa en la industria, en la parte hospitalaria, en los hogares, oficinas y muchas aplicaciones más que se le pueden dar, Desde su invención por el inventor estadounidense Willis Haviland Carrier, en primera instancia carrier había desarrollado el concepto moderno de la climatización, este suceso paso en el año 1902, después de cierto tiempo a Willis carrier se le pidió que ayudara con un problema en una imprenta neoyorquina, la cual tuvo problemas con el papel, el cual no se comportaba normalmente, en un lapso corto de tiempo el inventor neoyorquino diseñó una máquina específica que controlaba por tubos la humedad y esa fue la primera unidad climatizadora de aire del mundo.

1.2. ANTECEDENTES

En el año 1999, fue terminado el proyecto de copropietarios world trade center Guayaquil, ubicado en Ecuador, en la provincia del Guayas en la ciudad (cantón) Guayaquil, en la parroquia Tarqui, en la ciudadela Kennedy norte manzana 111 solar 1, con coordenadas: -2.163780,-79.897524; el cual se le diseño tres sistemas independientes de climatización centralizado de aire/agua que se compone en dos torres de enfriamiento, tuberías de agua, centrales de aire enfriada por agua y ductos de aire; y su principio se basa en que el agua a baje a temperatura ambiente y después regrese caliente a las torre de enfriamiento y estas a su vez la vuelva a enfriar el agua para volver a recircular y este proceso se repite.

En la actualidad año 2015, se nota que los sistemas de climatización centralizados del edificio world trade center Guayaquil, son un grandes consumidores de energía eléctrica, pero que a su vez tiene fallas de pérdida energéticas innecesarias o por deterioro de sus principales elementos que componen a dichos sistemas, es decir que si el sistema trabajara en buena condiciones tendría un ahorro de energía, no directamente tendría que ser un ahorro en el consumo de energía eléctrica, si no puede ser en la energía mecánica y energía térmica, ya que este un sistema netamente eléctrico-mecánico, para el cual se diseñó uno para cada edificio como para la torre a, torre b y galería milenium (centro comercial), todos estos tres sistemas corresponde al área común del complejo inmobiliario, es decir que todos las unidad o centrales alimentadas por agua están directamente afectadas por lo que pase con el sistema en sí.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo a la falta rendimiento de los sistemas de climatización centralizados en el edificio World Trade Center, esto es inducido por causas como: antigüedad de las maquinas, deterioro de los alimentadores y acometidas de los climatizadores, deterioro de los dispositivos de cada climatizador , falta de mantenimiento preventivo y correctivo , que puede influir directamente a unos problemas complementarios específicos en el sistema ,estos puede conllevar a una serie de cambio deficientes en el mismo sistema tales como: la elevación del consumo eléctrico, variación de nivel de temperatura en la climatización, averías en módulos eléctrico y electrónicos de conexión , daños interno en las bombas y equipos principales del sistema de climatización centralizado.

1.4. JUSTIFICACIÓN

De acuerdo a un elaborado plan de mejoras y análisis en el sistema de climatización centralizado donde se comprobó que los sistemas de climatización del edificio copropietario world trade center Guayaquil, tiene déficit de eficiencia a nivel global para la cual se procede hacer un análisis de todo el sistema en el siguiente trabajo de titulación.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar los factores y parámetros que beneficien a la eficiencia energética para el sistema de climatización centralizado del edificio world trade center, también se tomara en cuenta: sus mejoras, deficiencia, correcciones, daños, sus accesorios, dispositivos mecánicos, eléctricos y electromecánicos, que pertenezcan al sistema en sí.

1.5.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS

Examinar a fondo todo el sistema de climatización del world trade center, en función del consumo eléctrico del mismo, de cada dispositivo principal del sistema de climatización determinado en kW

Describir los dispositivos o elementos que pertenezcan al sistema centralizado de climatización tanto como la parte eléctrica y mecánica, además reconocer su función para el sistema.

Diseñar un plan de mejora para el sistema de climatización centralizado que incluya sus mantenimientos respectivos para cada equipo y en donde se puede minimizar el gasto de consumo energético.

1.6. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación a realizarse en este trabajo será una investigación analítica comparativa de la variable dependiente.

1.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Variable independiente será la principal de la investigación, ósea que no va depende de alguien o algo, en esta investigación, la cual es: El sistema de climatización centralizado del edificio world trade center.

1.6.2. VARIABLE DEPENDIENTE

La variable dependiente en la investigación es eficiencia energética en general como puede ser mecánica, térmica y eléctrica.

1.7. HIPÓTESIS

Con el análisis al sistema de climatización centralizado, se busca como combatir la falta de eficiencia energética y control en el consumo de energía eléctrica, así como mejoras y actualizaciones para el sistema de climatización, a su vez la mejora de la eficiencia para el usuario, con llegar al fin de memorizar los recursos humanos dispuestos, tanto como la operación del equipo con sus respectivos mantenimientos, ya sean mensuales, trimestral, semestral y anual.

1.8. METODOLOGÍA

Para el análisis de los sistemas de climatización centralizados en el edificio world trade center, para la cual se usa la metodología científica donde se realizara la investigación de análisis, el cual conlleva a medir parámetros técnicos, formulas teóricas e argumentos investigativos, es decir que se podrá investigar y analizar los datos que conlleven a mejoras en el sistema investigado o universo, que se recolecten datos donde se puedan verificar que las mejoras o investigaciones sirvan para obtener el resultado que se está buscando.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. EFICIENCIA:

Comúnmente se la conoce a la eficiencia como una agrupación de ciertas acciones e ideas, que mejoran la productividad, los procesos, las empresas y ante todo la vida, haciendo un ahorro de los recursos implementados, para conseguir un objetivo o alcanzar una meta, en el menor cantidad de tiempo posible, es decir que la eficiencia.

2.2. EFICIENCIA PARA MÁQUINAS ELÉCTRICAS CA:

En la rama de la electricidad la eficiencia es conocida como una ecuación, la cual se la conoce como la división entre el servicio producido de algún circuito eléctrico, dividido sobre el consumo en entrada del mismo, para las maquinas dinámicas eléctricas, siempre se la denomina la eficiencia en porcentaje al multiplicarla por cien, esto se puede decir que es una ecuación básica aplicada para cualquier tipo de circuito en CA, pero como el análisis hacerse será dirigido para maquinas dinámicas en CA, entonces se usa la ecuación de potencia de salida dividida entre la potencia de entrada y se la reconoce normalmente por la letra griega η .

$$\eta = \frac{P_{sal}}{P_{entr}} \times 100\%$$

La anterior formula , se la usa solo en casos teóricos, ya que no existen maquinas eléctricas perfectas, es decir que no tienen pérdidas en el proceso que hacen las máquinas, por ejemplo: “un motor eléctrico transforma la

energía eléctrica a energía mecánica, mediante un proceso que puede ser dinámico como estático, el cual va a tener pérdidas a causa de diferentes factores”, es decir que existen diferentes tipos de pérdidas de potencia, entonces se dice que la fórmula de eficiencia de energía eléctrica para una maquinas eléctrica de corriente alterna, es la división de la resta de la potencia de entrada menos las pérdidas que tenga el proceso entre la potencia de entrada, el resultado tiene que estar oscilando por debajo del uno y arriba del cero, si desea en porcentaje se lo multiplica por 100.

$$\eta = \frac{P_{\text{entr}} - P_{\text{pérd}}}{P_{\text{entr}}} \times 100\%$$

2.3. PÉRDIDAS EN MÁQUINAS CA:

Existen muchas pérdidas que se presenta en las máquinas de corriente alterna, pero las más reconocidas son 4, las cuales son: perdidas eléctricas o llamadas perdidas de cobre, perdidas núcleo, perdidas, perdidas dispersas o adicionales; todas estas pérdidas se las definen para saber en dónde están ubicadas las misma.

2.3.1. PÉRDIDAS ELÉCTRICAS O PÉRDIDAS EN EL COBRE:

Las pérdidas en el cobre son pérdidas por calentamiento en el devanado al resistirse al paso de la corriente en el estator y en el rotor de la máquina. Existe una fórmula para sacar esta pérdida en un valor numérico en unidades de potencia pero se aplica solamente a máquinas trifásicas.

$$P_{PCE} = 3I_A^2 R_A$$

Donde la I_A es la corriente que fluye en cada fase del inducido y R_A es la resistencia de cada fase del inducido.

2.3.2. PÉRDIDAS EN EL NÚCLEO:

Son las pérdidas por histéresis y por las llamadas corrientes parásitas que se presentan en el metal del motor, para determinar este tipo de pérdida se aplica corriente alterna en los devanados del estator como se muestra en la figura. Suponga que el flujo inicial en el núcleo es cero. Cuando se incrementa la corriente en primera instancia, el flujo en el núcleo sigue la trayectoria en el punto ab. Dibujado en la figura. Esta es básicamente la curva de saturación como la que se muestra en la siguiente figura, esto hace una dependencia de la historia previa de flujo y al seguir la trayectoria diferente en la curva se denomina histéresis.

A medida que el campo magnético externo gana más fuerza, en resumen se puede decir que las pérdidas por histéresis en el núcleo corresponden a la energía que se necesita para reorientar los dominios durante cada ciclo de corriente alterna aplicada al núcleo.

2.3.3. PÉRDIDAS MECÁNICAS:

Pérdidas mecánicas de una máquina de corriente alterna están relacionadas directamente con los efectos mecánicos del proceso, existen dos tipos de pérdidas mecánicas: fricción y rozamiento con el aire, las pérdidas por fricción son causadas por elementos internos de la máquina como los cojinetes, mientras que el rozamiento con el aire se debe a la fricción de las partes móviles de la máquina y el aire dentro de la caja del motor.

2.3.4. PÉRDIDAS DISPERSAS:

Las pérdidas dispersas se las toman normalmente como el 1% de la plena carga de la máquina, son pérdidas que se escapan de estar en las categorías de pérdidas antes mencionadas, y todas ellas se llaman pérdidas misceláneas o dispersas.

2.4. DISPOSITIVOS DE MEJORA DE EFICIENCIA ELÉCTRICA EN SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN:

En la actualidad existen muchos dispositivos que ayudan a mejorar la eficiencia energética en cualquier ámbito eléctrico en el área residencial, industrial y distribución pero pocos son utilizados en los sistemas de climatización diseñados por sus casas matrices o diseñados para un sistema de climatización específicamente, en el ámbito de grandes proveedores existen software que pueden ayudar a ciertas máquinas pero con muchas limitaciones de diseño, es decir que no hay un software creado específicamente

que abarque todos los sistemas de climatización existentes, sin embargo se pueden agrupar hardware y software para poder hacer un avance en la eficiencia energética.

2.5. SOLUCIONES MODULARES O DE BOMBEO COMPLEJAS:

Los grandes proveedores que existen hoy en día hay una selección de ciertos hardware, que pueden ayudar a mejorar la eficiencia eléctrica en el campo de máquinas eléctricas específicamente en los motores, se llama variadores de frecuencia, variadores vectoriales, variadores de velocidad.

2.5.1. ALTIVAR61:

Es la solución de la marca Schneider para motores, el altivar61 es un inversor de frecuencia para motores asíncronos trifásicos de rango de 0,75 kW hasta 2400kw.

El diseño se debe a su versatilidad con el funcionamiento en los sistemas más conocidos como el industrial, comerciales, edificios, en extracción de petróleo, también basándose en los líquidos más habituales que existen como normalmente el agua.



Figura 2.5.1:(variador de frecuencia ALTIVAR61)

Fuente:(catalogo Schneider2014)

El altivar61 tiene una reducción de consumo en un 70% para las aplicaciones de ventilación y en un 50% para las aplicaciones de bombeo, además incrementa el rendimiento de un equipo y reduce coste de aplicación, también se diseñó a base de las normas (iso14040,RoHS,REACH) para el máximo cuidado al medio ambiente. El altivar se presenta como una solución en donde se puede manejar una o más bombas de acuerdo a la capacidad del variador y sus accesorios, hace posible reducir el consumo energético en un sistemas complejo de bombeo hasta un 30% dependiendo las características de la bomba. Esta solución flexible brinda fuerte capacidades de diagnóstico, por la funcionalidad transparent ready y su conexión Ethernet.

2.5.2. SINAMICS G120C:

Este equipo pertenece al fabricante siemens como solución de drives, este variador de frecuencia es más uno que no depende para el accionamiento de alguna tarea en específico, es de extrema flexibilidad de manejo con breves intervalos de tiempo de puesta en marcha, cubre un rango para motores de corriente alterna trifásica, el variador es un sistemas de control actual programable que depende mucho de las variables que se van usar y en donde se van usar.



Figura2.5.2:(variador sinamics g120c)

Fuente:(catalogo siemens baja tensión 2015)

El sinamicsg120c es desarrollado para líneas de producción de maquinaria que buscan una solución económica de variador en el mercado con múltiples funciones y de manejo práctico, para eso su mezcla de alto diseño práctico y fácil interacción humano maquina lo hace como de los drives más conocidos en el medio.

2.5.3. POWER FLEX SERIES 520:

Rockwell automation tiene una series de variadores dependiendo la capacidad de mismo lo cuales son numerados si existen en el mercado como el 523, 525 y el 527.



Figura 2.5.3:(variador de velocidad allen bralley)

Fuente: (catalogo allen bradley 2014)

Los variadores de la series 520 son la extensión natural de los controladores programables de automatización logix, tiene un rango de 0 a 30 hp en voltaje normales mundiales, su diseño es exclusivo y solo es compatible con otros dispositivos de allen bralley son también usados frecuentemente en la líneas de bombeo de edificio y plantas que usen agua al por mayor. Desempeña una mejora en el consumo de las maquinas hasta un 40% directamente en los motores, la mayoría de estas series vienen con conectividad Ethernet, la mayoría de estos variadores son muy recomendados también en las líneas de producción de manufactura industrial y agrícola.

2.6. AHORRO DE ENERGÍA CON CONTROL DE CLIMATIZACIÓN (HVAC):

HVAC (Heating, ventilation and air conditioning) ventilación, calefacción y aire acondicionado, puede presentar el 40% del consumo de energía en muchos edificios normalmente.

Desde simples elementos de control autónomos hasta sistemas globales de gerenciamiento de edificios, las soluciones de HVAC pueden generar una 30% de ahorro energético.

Un sistema de control HVAC se compone de diferentes dispositivos de cualquier marca, en cual consiste reducir el consumo eléctrico al mínimo, sin impedir el correcto funcionamiento de los elementos que componen al HVAC o sistema, los controles interfaz –maquina, para un proceso optimo en los sistemas de climatización o calefacción.



Figura 2.6: (un sistema de control complejo para sistemas HVAC)

Fuente: (Catalogo Schneider sistemas de control 2014)

La supervisión constante de los equipos HVAC le da, una solución al operador al visualizar los parámetros en un circuito o proceso, así como la tendencia de consumos energéticos y la presentación de gráficos de los mismos, con el objetivo de disminuir el gasto de operación, consumo y mantenimiento.

Un sistema de centralizado de aire acondicionado siempre va estar compuesto por diferentes elementos ubicados en diferentes puntos para poder trabajar eficientemente, los cuales estarán comunicado entre sí por una red y pasaran hacer monitoreados por una cuarto consola principal. Que nos permita monitorear, mantener, supervisar y controlar, estos es elementos son usados más para aire escala mayor o complejos como, oficinas, hoteles, hospitales, área comerciales, industrias laboratoristas.

Con el paso del tiempo la calidad de los equipos de control para HVAC mejoran puntualmente la eficiencia en consumo eléctrico necesario para tener un funcionabilidad adecuada en el sistema de aire acondicionado, y los controles hoy en día se construyen para que tenga un uso amigable al sistema con el medio ambiente.

2.7. TIPOS DE SISTEMAS EN EL ÁREA DE CLIMATIZACIÓN:

Puede hacer referencia a los sistema de climatización centralizados a ellos que necesitan de un principal equipo para funcionar dependiendo eso sí, del sistema que se use de acuerdo a sus necesidades técnicas y de su ubicación , al hablar de sistema de climatización estamos refiriendo no a una, ni a dos máquinas de acondicionamiento de aire, sino de un sistema complejamente diseñado, elaborado e instalado, en edificaciones de uso masivo y algunos

sistemas son adecuados para las necesidades de algunas instalaciones dependiendo el uso de las mismas.

Existen dos formas de producir climatización, una es la climatización por ciclo compresión y también por ciclo de absorción.

Correspondiente al ciclo de compresión dispone a una zona de evaporación y otra de condensación unida mediante un compresor, en la zona de evaporación es donde se produce el frío (ausencia de calor), para la climatización adecuada y en la condensación es donde se cede el calor extraído. Dependiendo de los factores para denominar los sistemas de producción climatización, se agrupan por dos palabras, indicando que su primera palabra por la evaporación y la segunda es el medio de condensación.

Habitualmente se agrupan en cuatro grupos que se los conocen como sistemas: AIRE-AIRE o todo aire; AIRE-AGUA; AGUA-AIRE; AGUA-AGUA o todo gua.

2.7.1. SISTEMAS AIRE-AIRE:

Son todos los sistemas, los cuales utilizan caudal de aire, ya sea frío o caliente para lograr una climatización adecuada para cierta área específica, es decir que consiga adecuar la temperatura, humedad y limpiar el aire, en definición los sistema aire-aire son sistemas complejos o sencillos que el aire es su único fluido a usar por el mismo.

2.7.2. SISTEMAS AIRE-AGUA:

Estos son sistemas mixtos en el cual se usa el caudal del aire como principal fluido en la parte de evaporación, y en la parte de condensación se usa agua para hacer una transferencia de temperatura.

2.7.3. SISTEMAS AGUA-AIRE:

Son sistemas mixtos en el cual se usa el caudal del agua para la parte de evaporación y se usa el caudal del aire para parte de condensación.

2.7.4. SISTEMAS AGUA-AGUA:

Todos los sistemas, los cuales utilizan caudal de agua, ya sea fría o caliente para lograr una climatización adecuada para cierta área específica.

2.8. AGRUPACIÓN DE LOS SISTEMAS SEGÚN SU EXPIACIÓN:

En esto podemos referirnos a dos grandes grupos sistemas como es la expansión directa, como el intercambiador de calor o expiación indirecta, los cuales tienen sus diferencias, sus ventajas y desventajas.

Existen parámetros que aparte de los cálculos que se usan para determinar la carga calorífica de un determinado edificio o habitación que se vaya a climatizar, los cuales se determinan de acuerdo a la instalación es decir que si para un hospital, que parámetros se rigen de acuerdo a la ley de construcción de los mismo y van hacer diferentes para un centro comercial o un edificio de oficinas.

Pero primero hay que entender el ciclo de climatización existente, para cualquier edificio de uso masivo, para poder entender por la cual su uso es necesario y mejor en algunas edificaciones que en otras instalaciones.

2.9. CICLO DE REFRIGERACIÓN POR COMPRESIÓN:

Los sistemas más comunes en el área de la climatización, es producir frío por compresión de vapor sobrecalentado, esto tiene como principio que en un circuito cerrado en el que somete un fluido refrigerante, a cambios de estado de materia, mediante compresión y evaporación, para así poder expulsar el calor producido en el ambiente y transmitir al medio a climatizar.

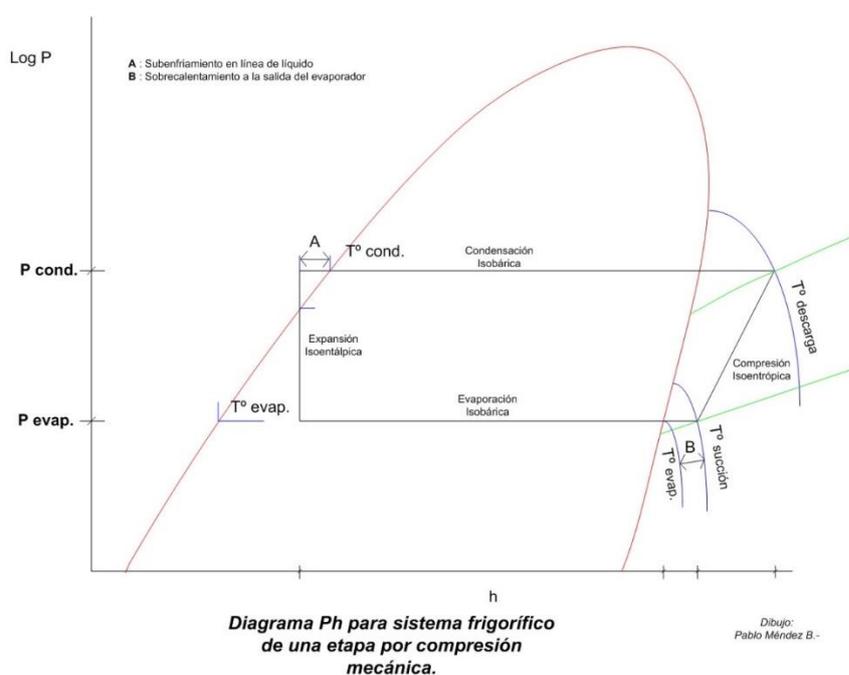


Figura 2.9.1 (diagrama de ciclo de compresión mecánica)

Fuente : (termodinámica y electromagnetismo catálogo 2013)

Los sistemas de compresión de vapor sobrecalentado son los más empleados para los sistemas de acondicionamiento de aire, así poder mantener las condiciones del aire en el medio a climatizar mediante el control de la temperatura, humedad y limpieza.

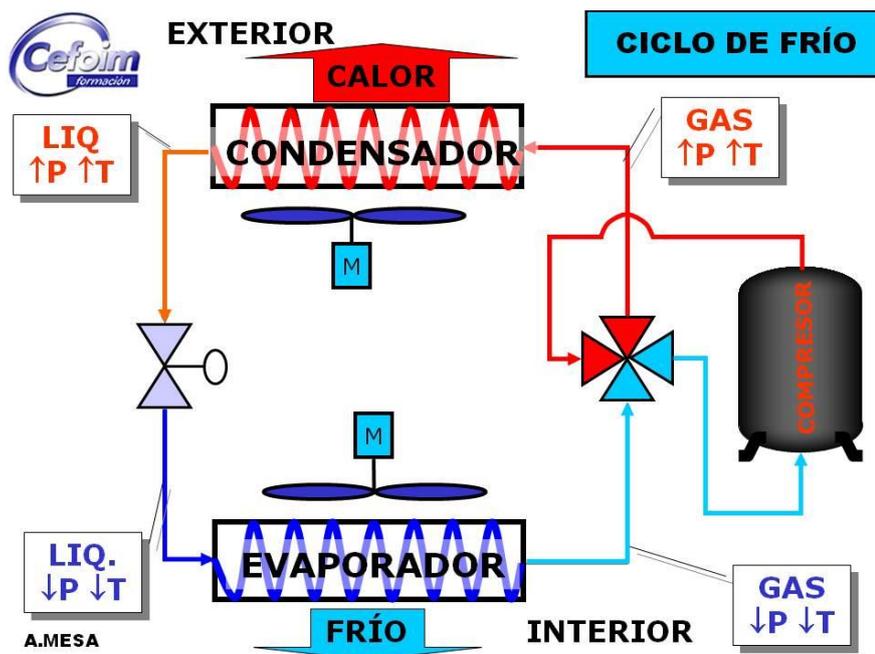


Figura. 2.9.2:(Ciclo de refrigeración por compresión)
Fuente (curso de instaladores de motores 2012)

La principal función del sistema de enfriamiento por compresor recíproco de la consiste en refrigerar por medio de compresión de vapor sobrecalentado, donde el control de flujo convierte el vapor sobrecalentado a líquido sub-enfriado, entonces la evaporación se hace que el refrigerante hecho gas como vapor saturado esto se hace al paso del gas por la fase de evaporación, como normalmente se hace la transformación de la materia mediante evaporación de líquido a gas después el gas se va hacia la tubería de succión para ser comprimido al comprimir el vapor sobrecalentado y sub-enfriado por medio de la condensación se enfría el vapor salido por la parte de compresión para hacer frío por presión baja.

Compresor es una máquina de movimiento positivo de sistema recíproco, una de sus funciones es comprimir el gas que pasa en el sistema de circuito

cerrado, en volumen que después se reduce por medio de una acción de desplazamiento mecánico del pistón dentro del cilindro. En esta capacidad es directamente derivada por la presión de trabajo, esto da a conocer que una menor presión en el ducto de succión sería consecuencia a un menor caudal, para mayor presión de la tubería de descarga, donde también se obtenga un menor caudal. Normalmente para el uso de máquinas en el área de la climatización son mayormente usados los compresores herméticamente sellados con soldadura que con el paso tiempo ha ido evolucionando para lograr reducir su precio en manufactura y tamaño, aunque existen diferentes tipo de compresores para los sistemas de acondicionamiento de aire.

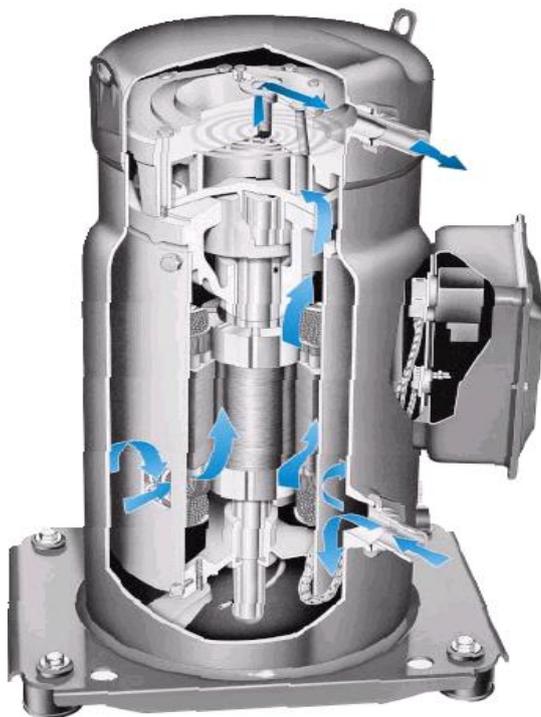


Figura 2.9.3: (compresor hermético para aire acondicionado)

Fuente:(catálogo de compresores copeland 2012)

El compresor cumple con dos funciones específicas en el sistema de climatización. En primer lugar, comprime y succiona el vapor sobrecalentado, del refrigerante y disminuye la presión evaporador a un nivel, para poder tener la temperatura de evaporación a la adecuada, de modo que la temperatura de saturación sea mayor a la temperatura de saturación sea a mayor a la temperatura del área que se quiere enfriar, para después lograr la condensación del refrigerante.

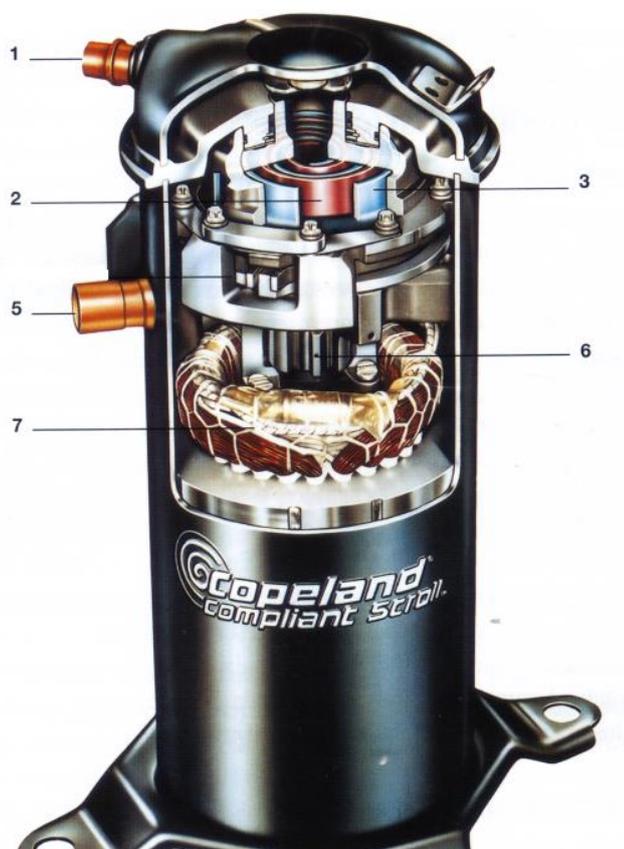


Figura 2.9.4 (compresor hermético marca copeland scroll)

Fuente:(catálogo de compresores copeland2012)

El condensador es una de las partes de sistemas de aire por compresión, es básicamente un dispositivo que a base de intercambio de calor hace la condensación del gas a líquido, donde el calor absorbido por el refrigerante en el lapso de tiempo del proceso de evaporación y compresión, también aporta saber que el calor rechazado por el condensador, siempre será mayor que el calor absorbido por durante el proceso de evaporación, esto se debe por el calor que se le suma del trabajo por compresión, al paso de este proceso el gas se convierte en líquido, para después pasar por el control de flujo.



Figura 2.9.5:(condensador de aire acondicionado marca carrier)

Fuente (catálogo de carrier2014)

El control de flujo o para sistemas pequeños de aire forzado válvula de expansión, es el control de proceso o paso del refrigerante al evaporador es decir es la parte se expande la alimentación de la sustancia refrigerante del sistema de compresión, reduciendo la presión del refrigerante a lo que es

comúnmente baja presión y regula el flujo mediante del evaporador, así se mantiene la diferencia entre temperaturas, es el dispositivo que divide en lado de alta y baja presión

El evaporador es la parte de baja presión del sistema de compresión en cual, en refrigerante en estado líquido se evaporar por el calor absorbido del área a climatizar, el refrigerante al pasar por el evaporador se muestra en un aproximado del 91% de estado líquido y 9% en estado gaseoso.

2.10. GAS REFRIGERANTE:

Es un fluido que tiene propiedades frigoríficas, que se encuentra usualmente en los sistemas de climatización y refrigeración, cuya función se absorber el calor de la fuente fría a baja presión, para así ceder el calor a la fuente caliente alta presión, pasando de estado de líquido a gas.



Figura 2.10:(tipos de gases refrigerantes usados para sistema de climatización)

Fuente:(catalogo dupont de refrigerante 2014)

Los refrigerantes de los sistemas de climatización vienen dados por su capacidad frigorífica efectiva con respecto al volumen por metro cubico absorbido por el evaporador por el compresor.

Los refrigerantes se clasifican por categorías y tiene un nombre de acuerdo a su composición química, tienen un factor de potencia frigorífica que depende mayormente de las propiedades del fluido.

2.11. TORRE DE ENFRIAMIENTO:

Máquinas que su principal función es enfriar o refrigerar, mediante intercambio calor en base a la transferencia térmica, por medio de rocío como comúnmente se conoce como aguas lluvias, agua u otros medios, de temperatura muy elevada a una temperatura ambiente o menor, mediante de un ciclo de evaporación, existen dos algunos tipos de torre de enfriamiento para estas máquinas que son: por principio de evaporación y refrigeración seca.

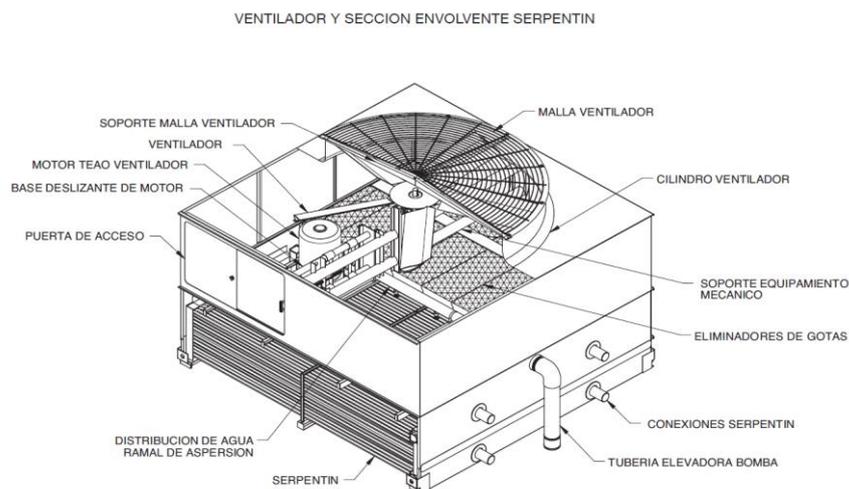


Figura 2.11.1:(torre de enfriamiento)

Fuente :(Catálogo de mantenimiento EVAPCO 2013)

También existen diferentes tipos de torres de enfriamiento de acuerdo a la función que tenga la torre de enfriamiento: torre de circulación natural (tiro natural y atmosférico), tiro mecánico (tiro forzado y tiro inducido).

Su proceso es cuando el agua reutilizada, circula a través de una torre de enfriamiento, después que el agua se enfría se reintroduce al proceso para la cual es su propósito, generalmente el agua entra con una temperatura hasta los 60 grados Celsius y sale 20 grados Celsius, a parte se puede observar que el calor se disipa y extrae de la torre de enfriamiento junto al vapor elaborado por la transferencia de calor, para que el agua tenga un correcto uso en su proceso.

Al momento que hablamos de evaporación hablamos de pérdidas por evaporación, estamos hablando de pérdidas de agua con eso una descompensación de agua en el sistema de la torre de enfriamiento se podría estar hablando del circuito abierto, la cual se tiene que recuperar con agua bombeada de una cisterna de aguas potable, es decir que para tener un equipo de centrales enfriadas por agua se necesita a parte un sistema alternativo para alimentar a la torre de enfriamiento o el circuito abierto.

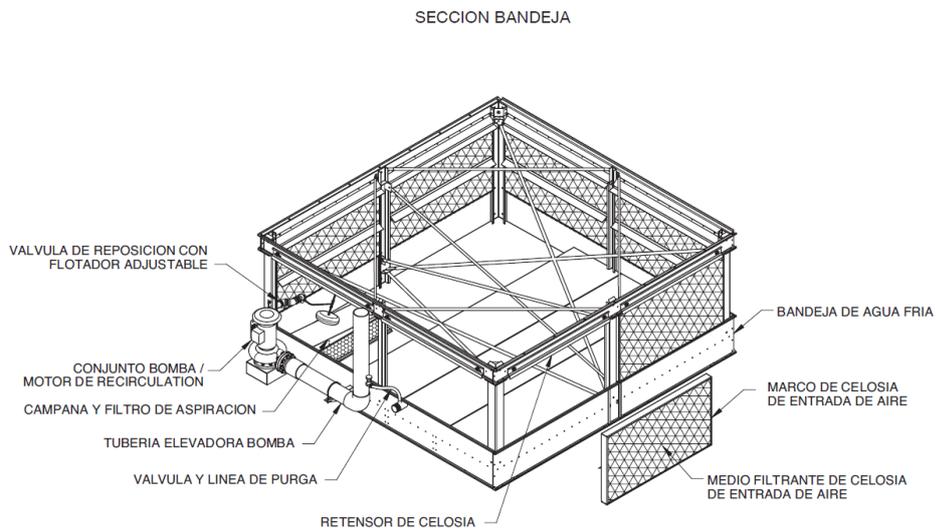


Figura 2.11.2:(Torre de enfriamiento modelo ATW-207B ventilación y serpentín)

Fuente: (catálogo de mantenimiento EVAPCO español 2013)

2.11.1. TORRES DE ENFRIAMIENTO DE CIRCULACIÓN NATURAL:

Las torres de enfriamiento clasificadas en circulación natural son de dos grupos que son torres enfriamiento atmosféricas y las torres de enfriamiento de tiro natural.

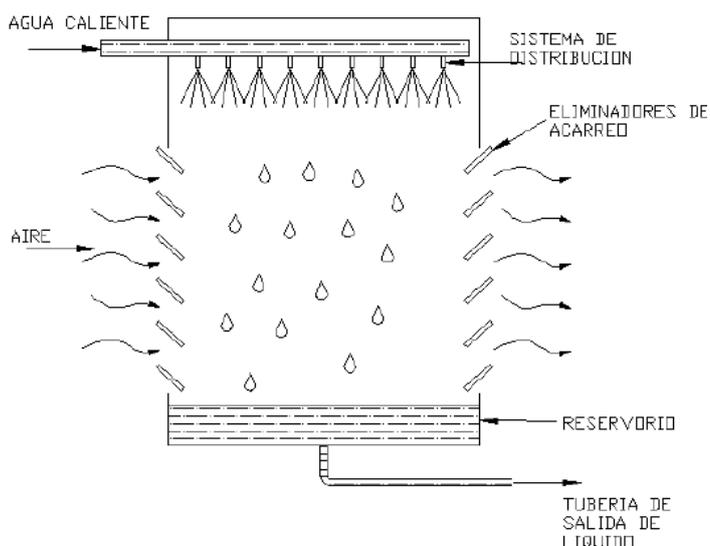


Figura 2.11.1.1: torre de enfriamiento atmosférica
Fuente (catalogo blue book 2014)

Las torres atmosféricas dependen directamente del viento del aire que se mueve en el ambiente, es decir son como duchas de agua caliente que se enfrían mediante el contacto de agua con el aire, esta torre no cuenta con disipadores de calor, ni con ventilación es un simplemente una solución económica y satisfactoria para lugares pequeños y de poco consumo térmico.

Las torre de enfriamiento de tiro natural son semejantes a la grande chimeneas industriales existentes, son usadas principalmente en la centrales de energía nuclear y las usan para enfrían el vapor que sale por fuertes reacciones termodinámicas existentes en los proceso para las cuales se diseñan, se la hacen una altura necesaria para poder enfriar de acuerdo a la diferencia de densidad que hay entre el aire frio y húmedo y el aire caliente.

2.11.2. TORRE DE ENFRIAMIENTO DE ENFRIAMIENTO DE TIRO

MECÁNICO:

Para definir las torres de enfriamiento de tiro mecánico, se necesita saber que su función es enfriar el agua con el menor tiempo posible, es decir que el agua que llega caliente tiene que volver hacerse fría en el sistema de distribución de agua o aspersores superiores y sacar todo el aire caliente que se produce mediante la transferencia de calor del rocío. Estas se dividen en tiro inducido y tiro forzado.

Las Torres de enfriamiento por tiro inducido son aquellas que votan el aire caliente o vapor, mediante un ventilador este disipa el aire caliente fuera de la torre de enfriamiento para que este enfríe el agua mediante contacto con los rellenos de pvc termo formados y los tubos de cobre que existen debajo del sistemas de distribución de la torre, están son las más usadas en edificios, oficinas, hospitales y son la que comúnmente se pueden divisar en la terrazas de los mismos.



Figura 2.11.2.1:(torre de enfriamiento de tiro inducido)

Fuente :(catalogo evapco 2010)

Las torres de tiro forzado son los inversos a las torres de enfriamiento de tiro inducido, es decir que la torre de enfriamiento expulsar el aire con una turbina situada en la parte de debajo de la torre de enfriamiento, y por arriba tiene expulsar el aire caliente forzosamente es menos practica y se la usa para algunas aplicaciones en especial.

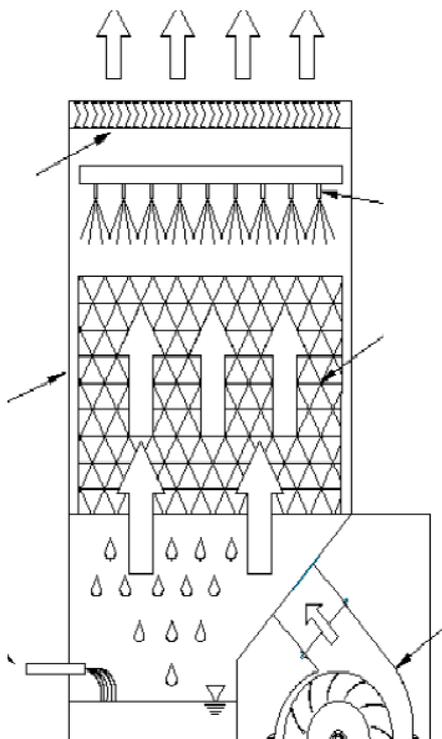


Figura 2.11.2.2: (torre de enfriamiento de tiro forzado)

Fuente:(catálogo de tipos de torre de enfriamiento 2012)

2.12. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA LLUVIAS :

Como se la conoce a la torre de enfriamiento es un intercambiador de temperatura por contacto físico mediante rocío, la cual se hace por mediante unas mallas especiales están son llamadas rellenos y están compuestas por un tipo de pvc termo formado, las cuales ayudan a los tramos de cortos de cobre que pasan dentro de las misma, que se ubican en la parte superior de la torre de enfriamiento, para esto se usa una tina o piscina, debajo de la torre de enfriamiento, para esto se usa una tina o piscina, debajo de la torre de enfriamiento con la cual se alimenta una bomba que hace el proceso de subir el agua antes del motor del ventilador de la torre de enfriamiento, donde se encuentra los tubos de distribución, para simular lluvia la cuales bajan por

dicha mallas especiales o disipadores de calor, la cuales hacen contacto con los tubos que pasan por la torre de enfriamiento del circuito cerrado, entonces se calcula un motor para hacer este trabajo de rociar agua a los tubos de circuito cerrado, el cual se puede ver en la especificaciones requeridas por la máquina.

2.13. MOTOR DE EXTRACCIÓN DE EVAPORACIÓN:

Son simplemente el motor que mueve al mecanismo que mueve al ventilador que va a extraer el calor ya está hecho, vapor hacia el ambiente así disipar el calor en el sistema, se calcula mediante especificaciones de la torre enfriamiento y necesita los cálculos de carga térmica totales que se da en toneladas de refrigeración, la principal función del motor es mover una banda mediante una polea para darle velocidad al motor de acuerdo al fabricante deben ser motores de dos velocidades controladas.

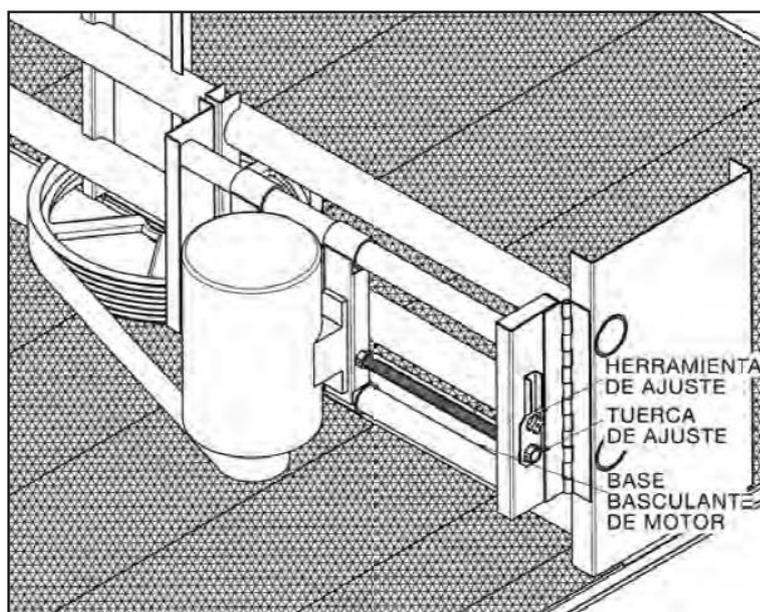


Figura 2.13.1:(mecanismo de ventilación inducido por un motor)

Fuente:(catalogo evapco mantenimiento ATWB 2013)

2.14. FÓRMULAS DE EFICIENCIA EN EVAPORACIÓN LAS TORRE DE ENFRIAMIENTO:

La eficiencia de una torre de enfriamiento se da por la capacidad de la misma para su función, es decir que la capacidad de votar o disipar el calor que están obtenga mediante el calor cedido por el circuito a enfriar, la torre de enfriamiento que tenemos es un enfriador de circuito cerrado.

Se relaciona con el enfriamiento ideal sobre el enfriamiento real y hacer una relación de eficiencia es multiplicada por 100%.

$$\epsilon = \frac{\text{Enfriamiento real}}{\text{Enfriamiento ideal}} \times 100$$

Con Esta fórmula se calcula la eficiencia de la torre de enfriamiento pero antes hay que sacar el valor de la capacidad de la torre de enfriamiento.

$$\epsilon = \frac{t_{L2} - t_{L1}}{t_{L2} - t_{L1} + t_{L1} - t_{w1}} \times 100 = \frac{t_{L2} - t_{L1}}{t_{L2} - t_{w1}} \times 100$$

Donde:

La temperatura de L2, la temperatura de L1 de que se usa en pruebas es la que se usa para los parámetros de operación de las torres.

Para la temperatura del diseño existen tablas y curva que puede dar el fabricante o se la puede conseguir por internet, para este caso en la temperatura de flujo de agua se va usar 10° F, porque es para un sistema de climatización y es una torre

de tiro inducido. La temperatura de 12 para diseño la da el fabricante en el catálogo o manual de compra de la torres de enfriamiento, que en este caso va hacer 155° F.

Mientras que en las pruebas por operación solo marca hasta 105° F por cada torre de enfriamiento, en el agua fría marca 16° F de salida registra en el termómetro ubicado en la entrada del circuito cerrado a la torre de enfriamiento. Esto significa que la eficiencia utilizada por el sistema de aire de world trade center usa solo el 61,4% de la eficiencia de la torre, en un clima normal de 24° C, es decir que si el clima del día sube a una temperatura mayor de la eficiencia de la torre va hacer mayor. Porque las torres de enfriamiento su eficiencia de evaporación en operación es baja esto se debe aquel el sistema cuenta en cada edificio con dos torres esto quiere decir que operan en paralelo que ninguna va a estar recargada con cagar calorífica.

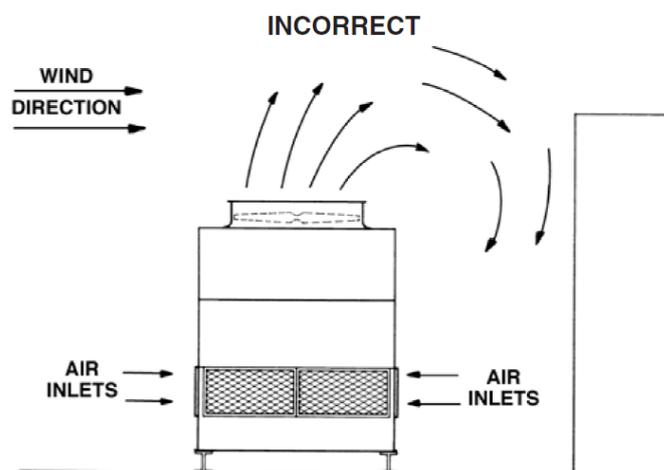


Figura 2.14.1:(forma incorrecta de instalar una torre de enfriamiento)

Fuente:(catalogo evapco mantenimiento atwb 2013)

En el manual de LAYOUT también. Dice que una mala instalación y deterioro de la torre de enfriamiento reduce la capacidad de enfriar el circuito cerrado dependiendo de su instalación y su deterioro.

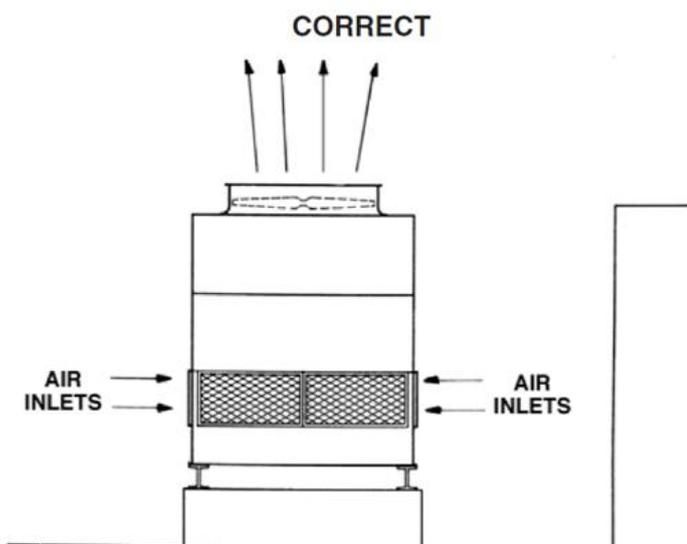


Figura 2.14.2:(forma correcta de instalar una torre de enfriamiento)

Fuente:(catalogo evapco mantenimiento atwb 2013)

El fabricante no tiene un exacto de lo que reduce el una mala instalación a la capacidad de disipar el calor generado, de pero no tiene un aproximado de un 15% para de reducción depende de los agentes que intervengan en la instalación, para un deterioro sube al 20% con su valor que incrementa exponencialmente de acuerdo al estado de su torre por ejemplo : si la torre tiene uno pequeño orificio en el techo del ventilador no cuenta ni siquiera como reducción a la capacidad de evaporación pero si le falta la carcasa de arriba esto va inferir que hasta un 35 por ciento de la capacidad de evaporación de la torre.

Entonces para determinar la capacidad de una torre de enfriamiento existen dos métodos los cuales son: el métodos de curvas y método de curva características (método kernel).

Por el método de curva se escoge de un formato de una tabla de nos proporciona el fabricante ósea evapco.

$$\%CAP = \left(\frac{\text{Flujo de Prueba}}{\text{Flujo Esperado}} \right) \times \left(\frac{\text{BHP de Diseño}}{\text{BHP Esperado}} \right)^{0.333} \times 100$$

En donde:

BHP de DISEÑO es la potencia del ventilador de diseño

BHP ESPERADO es la potencia tomada en pruebas

Flujo de prueba es el flujo del agua de la prueba

Flujo esperado es el flujo del agua determinado por el cálculo del método

$$Q_D = W_D \times C_p \times (T_{ACD} - T_{AFD}), \quad Q_P = W_P \times C_p \times (T_{ACP} - T_{AFP})$$

En donde:

Q_D es el calor de disipado de diseño

Q_P es el calor disipado de prueba

W_d va hacer el flujo del agua de diseño

W_P va hacer el flujo del agua de prueba

Con esta fórmula se saca la capacidad de calor que puede disipar la torre de enfriamiento si se tiene el calor específico. Ose que el calor que se cede al ambiente mediante la torre de enfriamiento específicamente por su ventilación.

$$\%Q_R = \frac{Q_P}{Q_D} \times 100$$

2.15. DESCRIPCIÓN DE UN EQUIPO CHILLERS:

El enfriador de agua o wáter chillers es una unidad enfriadora de líquidos, en modo bomba de calor, es una maquina versátil que pueden enfriar agua y aire, el cual incorporan el uso de las torres de enfriamiento, las cuales ayudan a mejorar la termodinámica de chillers.



Figura 2.15: (chillers modelo rtac serie r)

Fuente: (Catalogo Trane series R 2012)

Las unidades enfriadoras de líquido usan diferentes tipos de compresores y generan agua helada para requerimientos de aire acondicionado desde 1.5 toneladas de refrigeración hasta más de 2000 toneladas de refrigeración , se ayudan de un sistemas de bombeo mecánico para trasladar el agua desde el chillers hasta la unidades que va alimentar con frio .

Estos sistemas son muy utilizados para acondicionar grandes instalaciones, edificios de oficinas, hoteles y hospitales, es decir todo lo que necesite climatizar simultáneamente.

2.16. TUBERÍA DE AGUA PARA ALIMENTACIÓN DE CENTRALES DE AIRE ACONDICIONADO:

También llamado circuito cerrado, el tubería donde recircula el agua que alimenta a todas la unidades paquete o máquinas de aire acondicionado enfriadas por el agua.

Su principal función es recircular agua de todo el sistema del circuito cerrado, es decir que tiene que pasar desde la torres de enfriamiento hasta donde esté ubicada la última unidad de aire, entonces pasaría el agua recirculando todo el día, pero necesita algo que haga mover el agua, por eso tiene un motor que por mediante una unión mueve a una turbina para agua dependiendo de la altura del edificio, cuantas máquinas y a que distancia están, se va calcular el motor de la turbina y también la misma para lo cual necesitara los planos arquitectónicos del complejo inmobiliario o conocer su dimensiones.

2.17. MOTORES SÍNCRONOS:

Como todos los motores de circuito evaporador de las torres de enfriamiento son síncronos en el sistema de climatización, podemos dar una breve explicación de lo que es un motor síncrono.

Los motores síncronos se definen como "cómo maquinas síncronas que se utilizan para convertir potencia eléctrica en potencia mecánica." son motores que por su naturaleza operan con una velocidad constante, de acuerdo a su número de polos y la frecuencia que use la red eléctrica en donde se alimenta, son de corriente alterna y están compuestos normalmente por un rotor y estator, en el estator se forma en su bobinas una corriente alterna trifásica

para crear un campo magnético en estado giratorio uniforme, para que el rotor pueda ser magnetizado así crear una fuerza de torsión debido al campo magnético del estator, que es decir que en el motor hay dos campos magnéticos, el campo de motor y del estator.

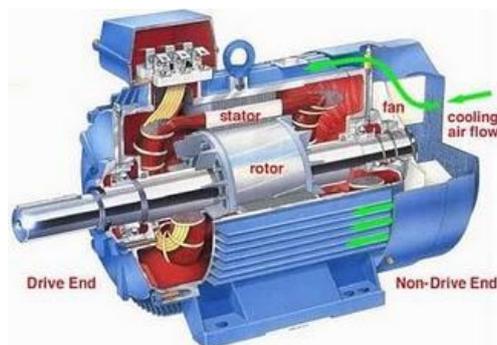


Figura 2.17: (motor síncrono y sus partes)

Fuente : (catálogo de motores ABB 2011)

2.18. MOTORES ASÍNCRONOS:

En el sistema de world trade center Guayaquil casi todas las máquinas de aire acondicionado usan motores asíncronos para sus turbinas y desplazar el aire del serpentín de la máquina y también los de caballaje alto son motores asíncronos o de inducción en la parte principal del sistema de aclimatación, es una buena definición de estos motores es que podemos decir que son semejantes en el estator y bobinados con el motor síncrono y el que se diferencia es el estator, porque en este caso de motores de inducción pueden existir dos tipos de estores diferentes el que es conocido como el rotor tipo jaula de ardilla y el otro es rotor devanado.



Figura 2.18.1: (devanado y rotor de motor)

Fuente: (catalogo motores eléctricos la llave corporativa)

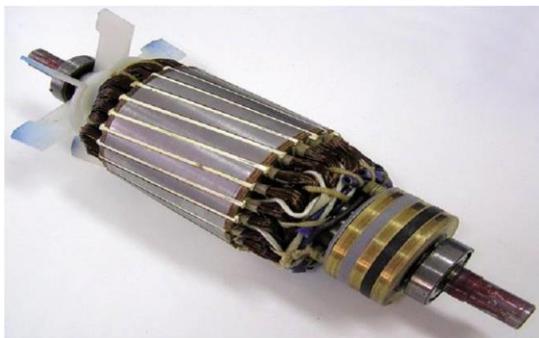


Figura 2.18.2: (devanado y rotor de motor)

Fuente: (catalogo motores eléctricos la llave corporativa)

Los rotores tipo jaula de ardilla como se muestra en la fig. (2.18.1) son pertenecientes exclusivo de los motores de inducción, estos constan de una serie de barras simétricas conductoras conjuntas con ranuras hechas en la cara del rotor y en cortocircuito en algunos de sus extremos por medio de grandes anillos de cortocircuitos, y el nombre se lo gana por su parecido a una rueda donde camina un hámster.

Un rotor devanados tiene como características principal un conjunto completo de bobinados trifásicos que son un reflejo especular de los bobinados del estator, las tres fases de los bobinados del rotor normalmente

están conectadas en Y, y los extremos de los tres alambres del rotor están normalmente unidos a los anillos rozamiento.

Donde se puede maniobrar al inserta una resistencia extra en el circuito del rotor, con la que se pudiera sacar ventaja de este aconteciendo, pero al igual existen desventajas más graves como al ser más grande que los rotores de jaula de ardilla como por ejemplo más caro por mantenimiento y menos tiempo de funcionalidad operacional.

2.19. MÁQUINAS DE AIRE ACONDICIONADO DISEÑADAS PARA EL SISTEMA ENFRIADO POR AGUA:

Las máquinas que se usan normalmente para el sistema de torres de enfriamiento pueden ser dos identificadas como unidad manejadora de aire o unidad paquete, aunque en los dos hay grandes diferencias:

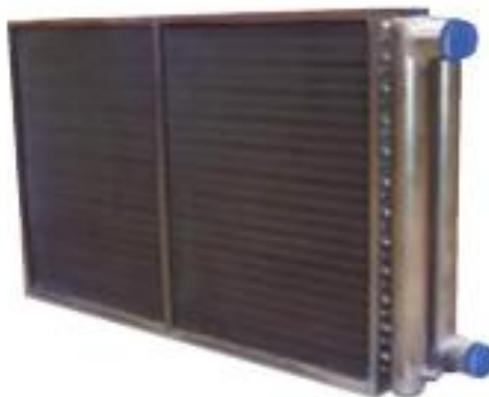


Figura 2.19:(serpentín para unidad paquete)

Fuente :(Catalogo carrier condensador y serpentín 2014)

2.20. UNIDAD MANEJADORA DE AIRE (U.M.A. o UTA):

La unidad manejadora del aire es una máquina de aire acondicionado que usa únicamente, cuando son sistema de agua helada, es decir que la temperatura del agua oscile entre 2 al 6 grados Celsius, a diferencia de la unidad paquete no contiene todos los elementos dentro si no solo parte de evaporación en el ciclo de climatización que consisten en un serpentín que por donde circula el agua helada y un motor que hace mover a una turbina esta desplaza la temperatura con ausencia de calor y absorbe la temperatura ambiente con aumento de calor.

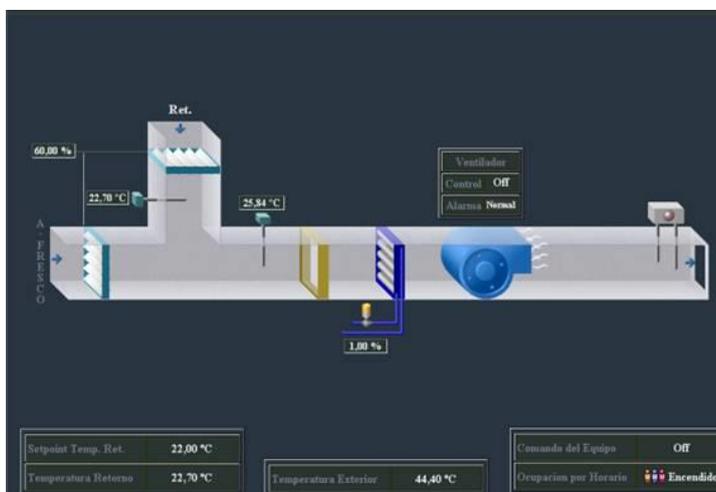


Figura 2.20: (unidad manejadora de aire)

Fuente: (hospital Roberto Gilbert)

2.21. UNIDAD PAQUETE (U.P.):

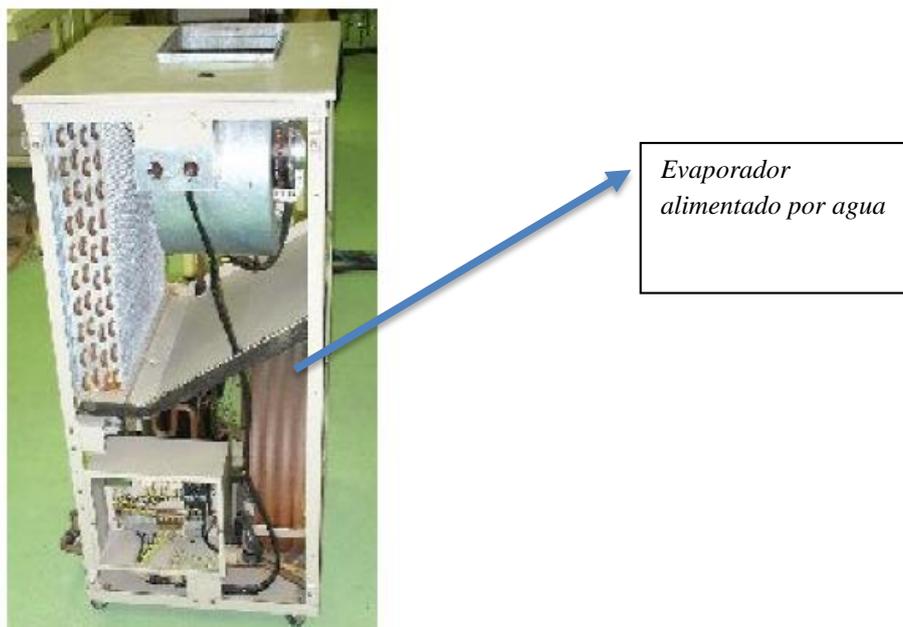
La unidad paquete a diferencia de la unidad manejadora de aire esta tiene un ciclo completo de climatización con todos los componentes y esta no necesita trabajar con agua a temperatura muy bajas, puede trabajar con agua al ambiente, es decir con una temperatura de 23 a 26 grados Centígrados, esta también cuenta con su propio intercambiador del calor, que en este caso es el condensador.



Figura 2.21.1 unidad paquete enfriada por agua)

Fuente (catalogo trane aire acondicionado 2014)

Para los cuales en diferente potencias en unidad térmica británica, también el ciclo de enfriamiento es muy parecido a la maquinas convencionales solo varían cambios en diferentes en algunas partes de la máquina.



*Figura 2.21.2:(Unidad paquete enfriado por agua)
Fuente:(edificio centrum)*

Como cualquier otra máquina de aire acondicionado, se divide en cuatro importantes elementos del ciclo como lo es el compresor, el evaporador, condensador y válvula de expansión.

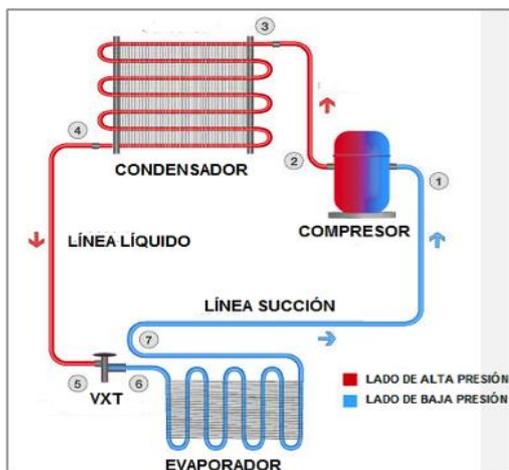


Figura 2.21.3: (Ciclo de compresión de vapor de up)

Fuente: (citas sobre tipos de compresión)

A la diferencia con los aires acondicionados comunes se diferencia en el sector de ciclo de intercambiador de calor del lado del condensador es donde existen.

2.22. AIRE FAN COIL:

Son unidades de alimentación mixta es decir que puede ser de agua y como aire como su nombre lo explica está dividido en dos partes, fan que significa ventilación y coil que corresponde a las tuberías de agua internas.



Figura 2.22:(maquina fancoil)

Fuente :(catalogo trane)

Por lo tanto el fancoil está dividido a base de dos subsistemas, el primero que puede transportar el agua oscilante de 2 a 5 grados Celsius, o también agua caliente para poder climatizar mediante un grupo o sistema de bombeo, el segundo es el sistemas de ventilación y refrigerante.

2.23. PANEL DE CONTROL:

En el control depende arranque de los motores y su óptimo funcionamiento necesarios en el sistema de torres de enfriamiento, su principal función es que lo motores eléctricos estén operando debidamente, este va de la mano del panel de fuerza o de alimentación de las máquinas, estos dos paneles están compuestos por algunos elementos, lo cuales son necesarios para el funcionamiento de todo el sistema y se pueden describir generalmente como mando de fuerza y control.



Figura: 2.23:(panel de control de mando para motores)

Fuente (diseños de paneles corporativos)

2.23.1. CONTACTOR:

Es un mecanismo electromecánico que usa la fuerza electromagnética para abrir y cerrar un circuito de potencia o de mando (control), tan pronto se mande una señal a la bobina, el contactor tiene la capacidad para interrumpir la alimentación de corriente con la posibilidad de ser accionado localmente o de una cierta distancia requerida ya sea un elemento que no se un contactor mismo.

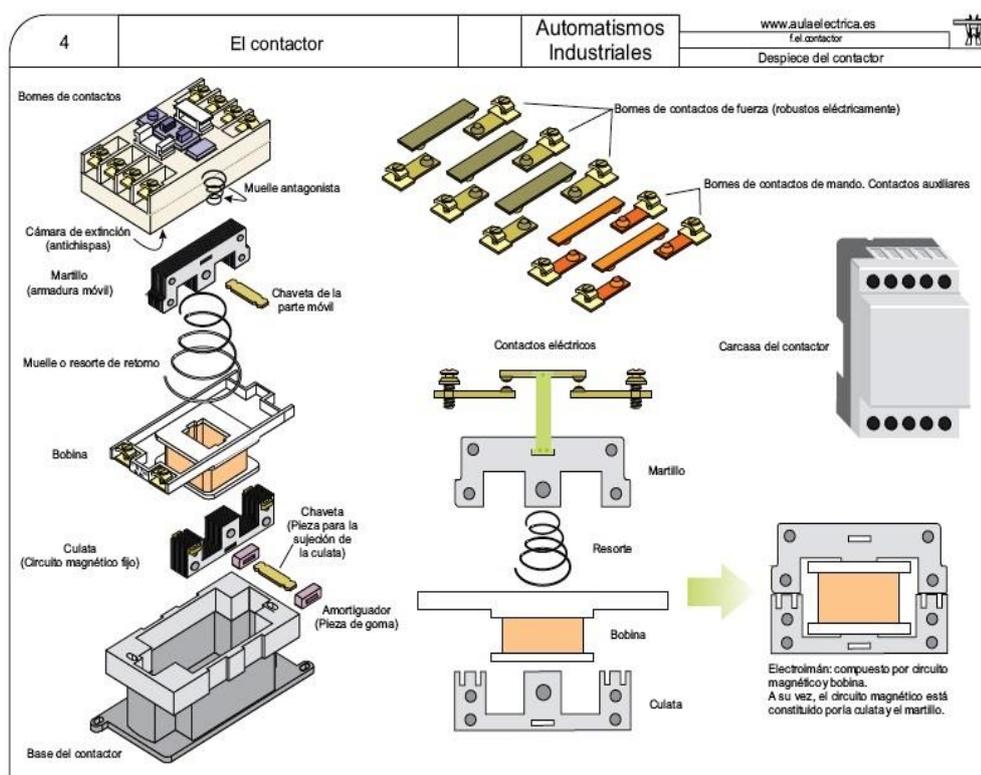


Figura 2.23.1:(contactor desarmado y sus componenetes)

Fuente (catalogo siemens 2012)

El contactor está compuesto por algunos elementos tales como: sus contacto principales encargados de pasar o quitar la alimentación eléctrica dependiendo

si la bobina es accionada mediante una señal mandada por otro elemento de control, contactos auxiliares estos son acoplados mecánicamente a los contactos principales destinados hacer casi lo mismo en diferencia a los principales estos tienen dos estados que son; normalmente abierto y normalmente cerrado y están ubicados a los lados del contactor o arriba del mismo, la bobina es devanado de cobre enrollado que produce una fuerza electro magnética al ser excitado por una corriente eléctrica y se pueden conseguir en diferentes voltajes tanto como 12v,24v,110v y 220v, que son las más convencionales, la carcasa o armadura del contactor son los elementos de contactor que se encuentra por afuera del contactor y su elaborados con material dieléctrico para poder desplazar los contactos principales y auxiliares después de que estos estén en operación, núcleo del es la parte fija en donde se encuentra el flujo magnético producido por la bobina cuando esta se mantiene en operación, el resorte es la parte mecánica del contactor y este hace que su pieza vuelvan a su lugar de reposo después que el electroimán deje de manda el campo magnético, el electroimán es la motor principal del contactor compuesto por una serie de dispositivo y es lo más importante de la parte magnética junto a la bobina, su finalidad es transformar la energía magnética en energía eléctrica.

2.23.2. RELÉ TÉRMICO:

Son dispositivos que salvaguarda la operación de un motor en caso de sobre corrientes débiles y continuas, no hace falta decir que son los más utilizados en protección de motores, el uso de este dispositivo garantiza: un mayor tiempo de vida de los motores, que el motor no se sobrecaliente en su operación, evitar paradas por daños en las máquinas, mayor tiempo de respuesta en una parada de un motor.

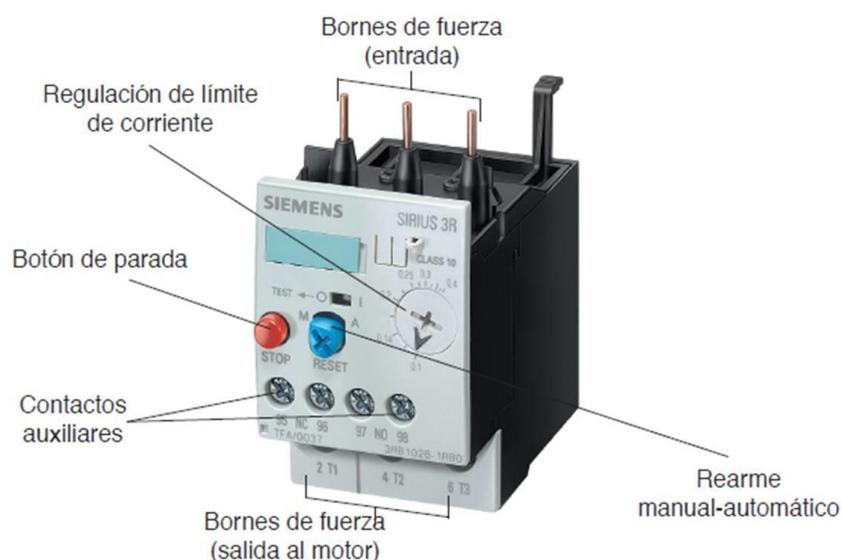


Figura 2.23.2.1: (Relé térmico para motores trifásicos)

Fuente (catalogo siemens 2012)

Las características de un relé térmico son las cualidades que tienen para su operación las cuales hacen función a una serie de sensores que tiene el relé en sí, tales como:

La curva que poseen las bilaminas no solamente se debe a calentamiento que se produce por la corriente que consume las fases del motor, sino también a los existentes cambios de temperatura que hay en el ambiente, el

factor ambiental es corregido por una bilamina sensible únicamente al cambio de temperatura ambiente, esta bilamina de compensación y está instalada en contra de las bilaminas primarias, cuando no existen amperaje, la curvatura de temperatura de las bilaminas se deben al cambio de temperatura en el ambiente, esta curvatura se corrige con la bilamina de compensación, con esto se puede hacer de una forma tal para que los cambios de la temperatura en el ambiente no sean consecuencia a la posición de tope de sujeción, las bilaminas de compensación de los relés térmicos son sensibles al cambio de temperatura ambiente y ese cambio está en un rango de -40 grados Celsius a 60 grados Celsius.

Sensibilidad en pérdidas de corriente en una fase: al momento en el que el relé térmico censa una ausencia de corriente en una de sus fases provocando un disparo en el relé, esta parte de relé se componen por dos regletas que trabajan conjuntamente con las bilaminas, esto se debe que la bilamina correspondiente a la fase no hay corriente no se deforma y retiene una de las dos regletas, provocando un disparo.

Regulación en "amperios motor": el relé posee una rueda gradual indicando a sus lados se muestran valores en amperios. Para calcular y regular los amperios en un relé térmico se toma de referencia el dato de placa de motor y se lo calcula por el 1.05 o el 1.20 del valor de la placa, esto se hace para poder sacar la corriente límite de disparo, esto se logra mediante un pulsador que cambia el recorrido angular que ejecuta el extremo de la bilamina de compensación para la liberación del dispositivo de sujeción.

Rearme automático o manual: un relé se lo puede adaptar sencillamente en diferentes condiciones de operación, que permite tres tipos de arranque al motor los cuales algunos deben ser con alguien que sepa del automatización de acuerdo a la complejidad del circuito automatizado.

Clase de disparos en los relés térmicos: como se sabe que los relés térmicos se usan normalmente para proteger motores eléctricos de sobrecargas leves y continuas, pero durante el tiempo de arranque del motor existe una corriente de arranque o pico que dura un corto lapso de tiempo, y activarse únicamente si dicho pico de corriente se pasa de ser temporal a ser algo prolongado, por lo mismo es necesario de contar con relees adaptados a la duración del arranque del motor, de acuerdo a la norma IEC947-4-1-1 respondiendo a la necesidad definiendo a tres tipo de disparo para los rele de protección térmica

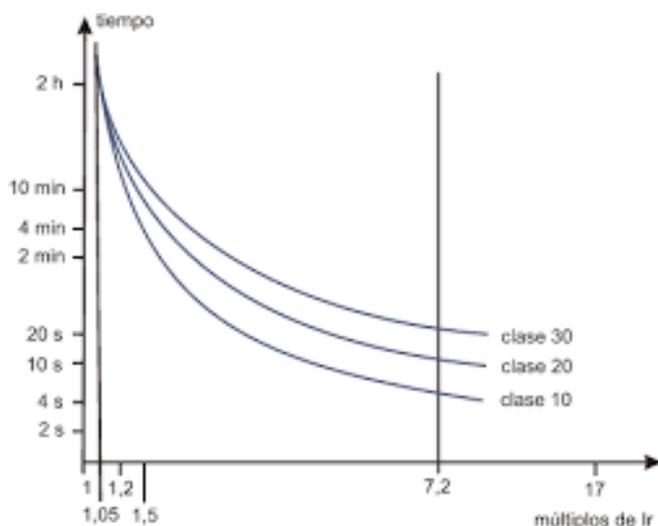


Figura 2.23.2.2:(curva de disparo de los relé térmicos)

Fuente:(catálogo de sobre controles eléctricos y motores 2012)

2.23.3. TEMPORIZADOR:

Es un elemento de control más, que integra el panel de mando de cualquier maquina eléctrica, que necesita hacer cambio en su operación tal como cambiar su velocidad, su función principal es contar un determinado lapso de tiempo para manda una señal, mediante un mecanismo interno del mismo, también consta con una perilla de regulación para la cual a los lados tiene una nomenclatura de números que normalmente son segundos.

2.24. ARRANQUE DIRECTO:

El arranque directo es más usado en las conexiones de motores trifásicos, se lo puede mezclar con componente de control para su accionamiento o como puede ser accionamiento por botoneras, su principal función es aplicar tensión en el estator del motor y aumentar la resistencia del circuito del motor.

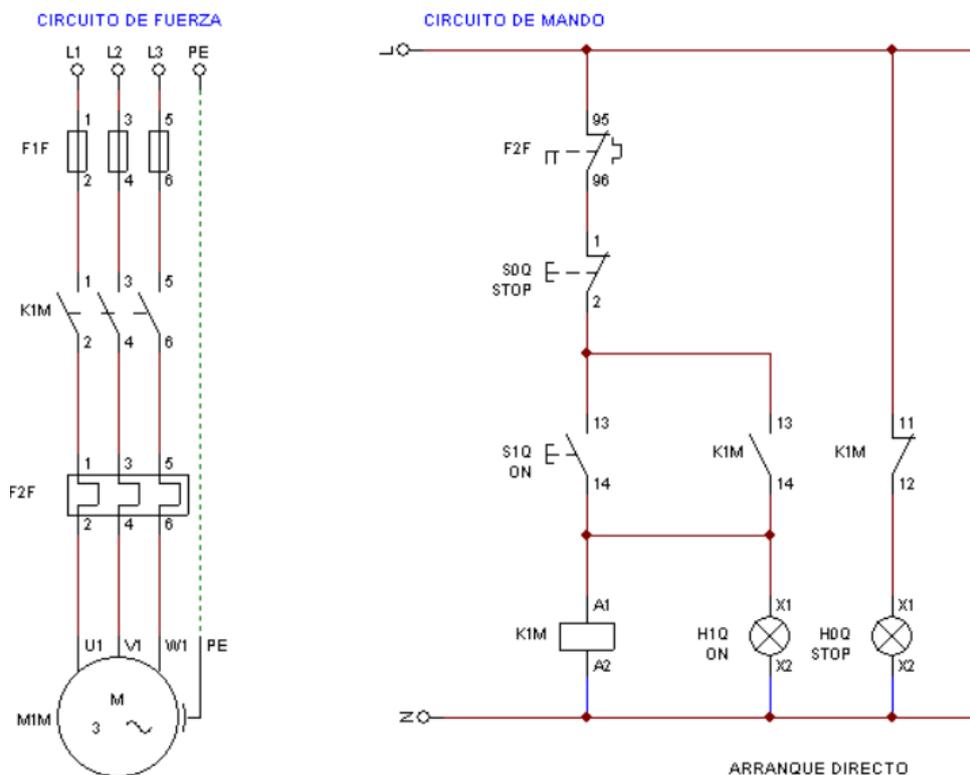


Figura 2.24.1:(esquema de control y fuerza de un arranque directo)

Fuente :(catálogo información sobre control de motores 2014)

2.25. ARRANQUE ESTRELLA-DELTA:

El arranque estrella y delta muestra como una solución para los motores grandes y torque elevado, al momento del arranque en un motor, la corriente de arranque del mismo se hace siete veces la corriente que se muestra en la placa nominal de operación, la corriente de arranque elevada se produce cuando la dinámica de la fuerza magneto motriz del devanado quiere vencer la inercia del estator y estos produce caídas de tensión en los sistemas donde la corriente de arranque se produce, para reducir estos problemas tenemos el arranque estrella-delta, es donde se usa el primer paso o arranque para

disminuir la corriente de arranque del motor, después el siguiente paso que entra es el delta o triángulo que mantiene su voltaje y velocidad de operación nominal, el arranque está compuesto por tres contactores, un relé térmico y un temporizador. Sin contar con los relé de protección de fuerza y control.

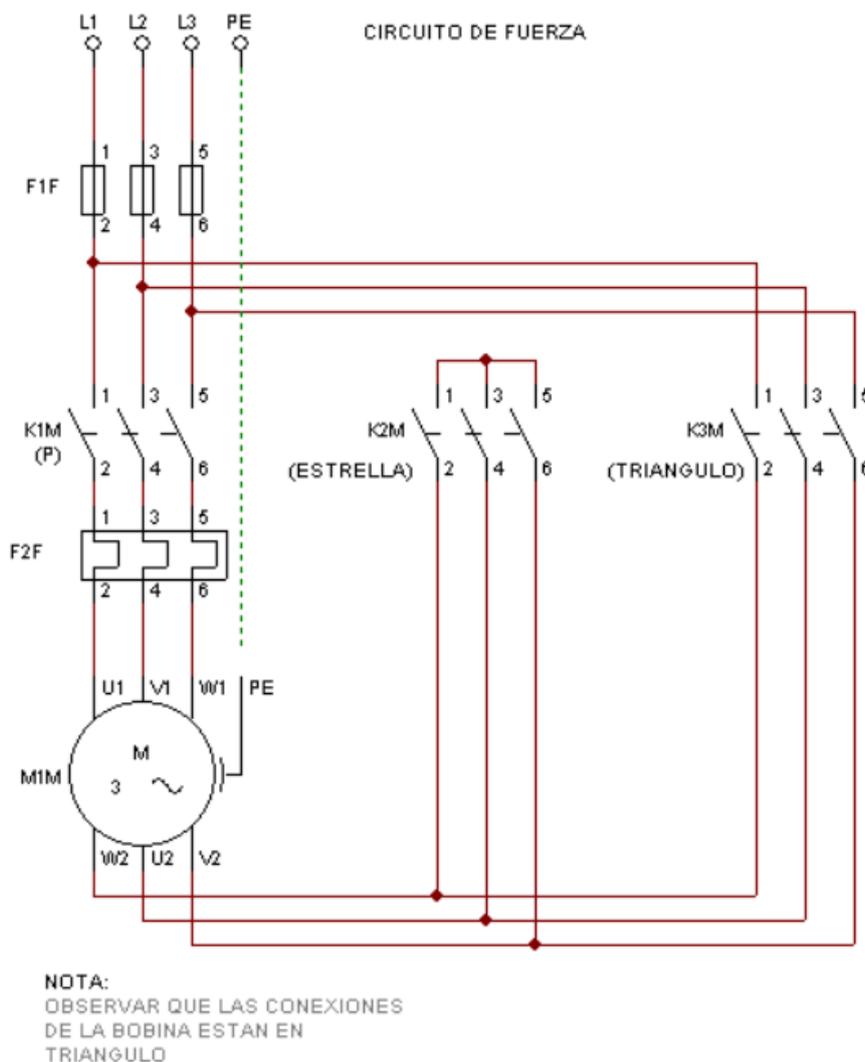


Figura.2.25.1: (Diagrama de control arranque estrella-delta)

Fuente:(catálogo de arranques de motores trifásico 2014)

Este tipo de arranque es normalmente para motores de alta potencia y torque, también para motores grandes.

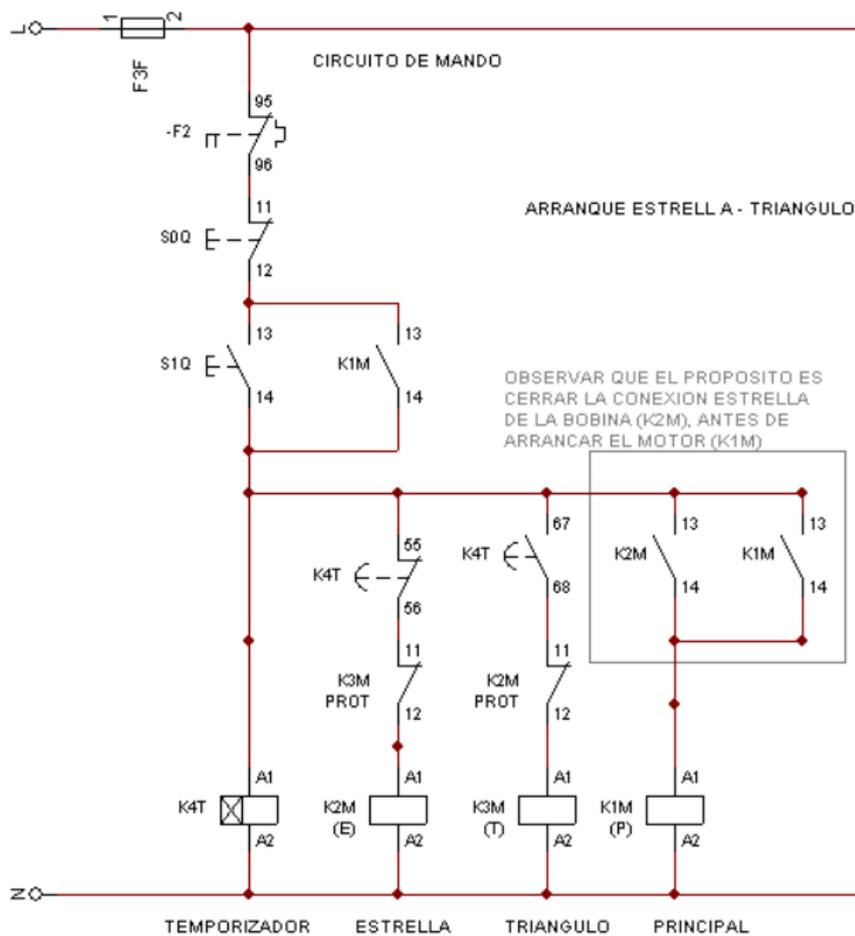


Figura 2.25.2: (Diagrama de control de arranque estrella-delta)
 Fuente: (catálogo de arranques de motores trifásico 2014)

2.26. ARRANQUE DAHLANDER:

El arranque de conexión dahlander va depender directamente de diseño del devanado del motor, los devanados son especiales de dos velocidades controladas, que utilizan 9 bornes o puntas, también es fácil confundir este arranque con estrella delta por sus características semejantes, el arranque es únicamente era para diseño de motores trifásicos con devanado especial ya antes mencionado, donde del bobinado se sacan los puntos medios para así se pueda conseguir la mitad de los polos, los extremos están en el bobinado normal se pueden conectar en estrella o triangulo así se dar espacio al arranque dahlander.

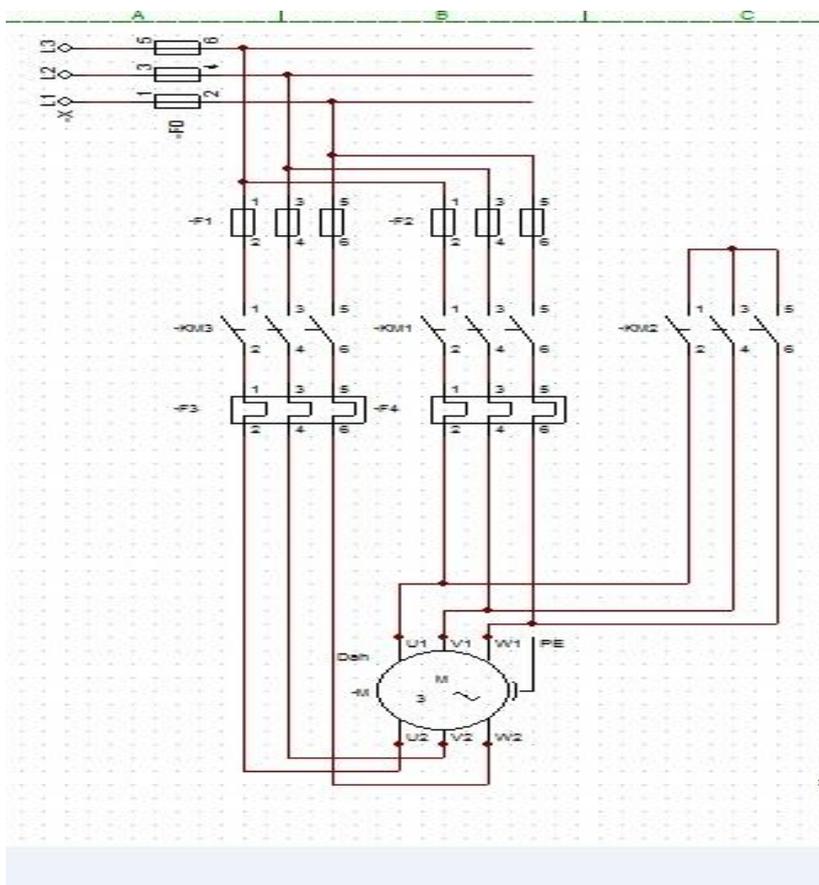


Figura2.26.1 :(diagrama de fuerza de arranque dahlander)

Fuente: (catálogo de arranques de motores trifásico 2014)

Existen dos tipos de configuración para este arranque diferentes pueden hacer en estrella o triángulo, se colocan en la parte superior de los bornes, y el otro en los bornes medios.

En estos motores la velocidad, la velocidad rápida 2 veces que la velocidad lenta.

El motor de configuración dahlander solo usa Tensión de funcionamiento que se debe mostrar en placa nominal de datos del motor.

El motor dahlander es exactamente igual que un motor trifásico de rotor en cortocircuito, salvo que el devanado tiene unos puntos intermedios, los cuales tienen como función cambiar el número de polos activos, según sea su configuración.

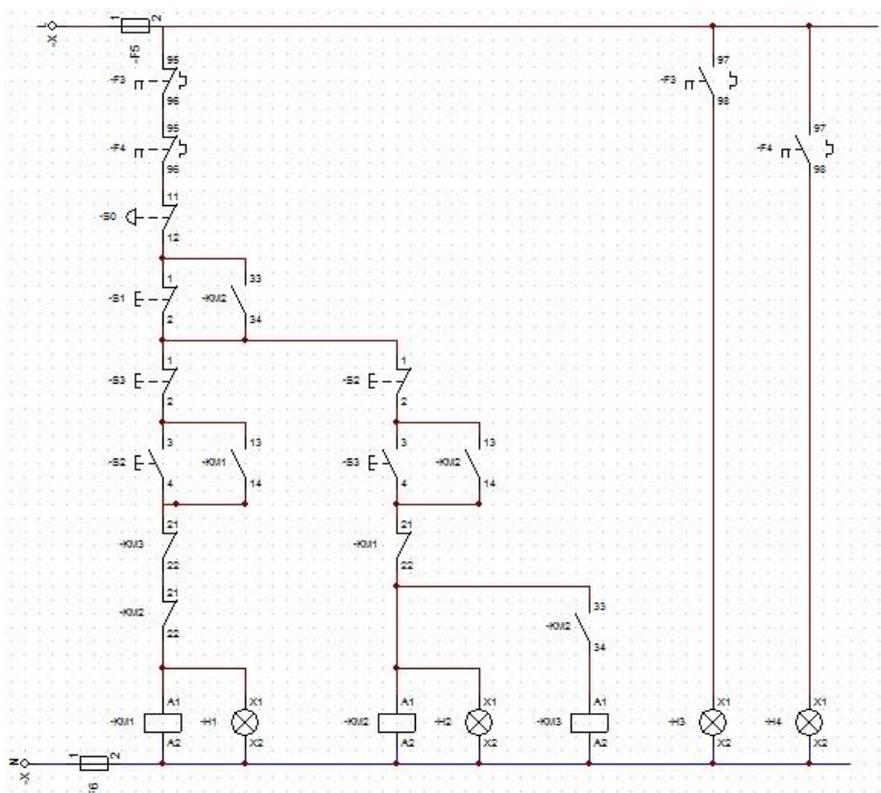


Figura 2.26.2:(diagrama de fuerza de control dahlander)

Fuente: (catálogo de arranques de motores trifásico)

Con esto se consigue variar la velocidad, por lógica se entiende que al tener dos formas de conexión diferentes en el mismo bobinado, se obtendrán diferentes velocidades. Se puede afirmar que su potencia es igual en las dos velocidades, está compuesto por 3 contactores y dos relés térmicos.

3. RECOLECCIÓN DE DATOS

3.1. RECOLECCIÓN DE CORRIENTE DE LÍNEAS DE TODOS LOS MOTORES DE LOS SISTEMAS CENTRALIZADO W.T.C.:

Se recolecta datos para las corrientes de línea de cada motor del sistema de climatización, a cierto horario cada día y en una tabla se anotan para después sacar un promedio de las mismas.



Figura3.1:(Toma de corriente de línea en motores del sistema climatización)

Fuente:(fotos de trabajo de campo)

3.2. RECOLECCIÓN DE DATOS DE PLACA DE MOTORES DE CIRCULACIÓN DE AGUA PARA LA TORRE DE ENFRIAMIENTO:

Marca: US. Electrical Motors. MODELO:G59156 PH:3 RPM:1745 TYPE: UT4 SF:1.25 HP:7.5;VOLTAJE: 460V/230V;CODE:J FRAME:213 JM; FL AMPS: 22.4-20.5/10.3 SF AMPS 25/12.5 MAX AMB:40° C; NEMA NOM EFICIENCY 86.5 FP:0.85.



Figura 3.2.:(placa nominal del motor de 7,5hp)

Fuente:(motores de torre de enfriamiento us electrical motors 2015)

3.3. RECOLECCIÓN DE DATOS DE PLACA DE MOTORES DEL VENTILADOR DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO:

Datos de placa: Marca: US. Electrical Motors. MODELO:G59156 PH:3
 RPM:1745 TYPE: UT4 SF:1.25 HP:40/10;VOLTAJE: 460V/;CODE:H
 FRAME:324T JM; FL AMPS47,2/17,2 SF AMPS 25/12.5 MAX AMB:40°
 C; NEMA NOM EFICIENCY 86.5 FP:0.85.



Figura: 3.3(placa nominal del motor de 40 hp del mecanismo de ventilación)

Fuente:(motores de torre de enfriamiento us electrical motors 2015)

3.4. RECOLECCIÓN DE DATOS DE PLACA DE MOTORES DE CIRCUITO CERRADO:

Datos de placa: Marca: TOSHIBA. MODELO:G59156 PH:3 RPM:1745 TYPE: UT4 SF:1.25 HP:75;VOLTAJE: 460V230V;/CODE:H FRAME:324T JM; FL AMPS 188,89/89 SF AMPS 25/12.5 MAX AMB:40° C; NEMA NOM EFICIENCY 86.5 FP:0.85.

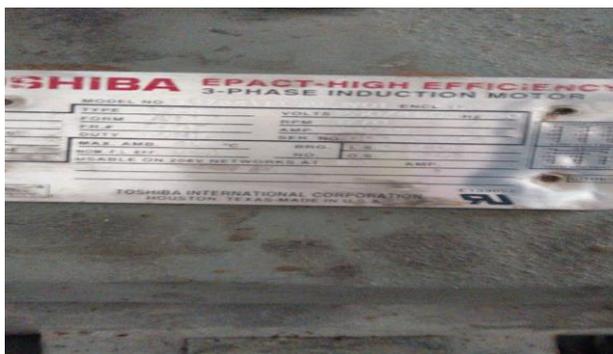


Figura3.4:(placa nominal del motor de 75 hp del mecanismo de circuito cerrado)

Fuente:(motores de torre de enfriamiento us electrical motors2015)

3.5. TABLA DE PROMEDIO DE CORRIENTE DE LÍNEA DE MOTORES CIRCUITO CERRADO:

Se toma cada hora información diaria de cada corriente de línea con el amperímetro de los 6 motores de 75 hp de circuito cerrado.

Tabla 3.5 promedio de corriente de línea tomado en operación de seis motores

motor de bomba de circuito cerrado	promedio L1	promedio L2	promedio L3
motor CC1	65	62,4	63
motor CC2	66	62,4	64
motor CC3	64	63	65,5
motor CC4	65	64	68
motor CC5	69	63	67
motor CC6	60	62,4	64

3.6. TABLA DE PROMEDIO DE CORRIENTE DE LÍNEA DE MOTORES DE BOMBA DE DE TORRE DE ENFRIAMIENTO:

Se toma cada hora información diaria de cada corriente de línea con el amperímetro de los 6 motores de 7.5 hp de aguas lluvias.

Tabla 3.6 promedio de corriente de línea tomado en operación de seis motores.

motor de bomba B.R.	promedio L1	promedio L2	promedio L3
motor B.R.1	9,5	10,9	9,9
motor B.R.2	11	9,6	9,9
motor B.R.3	10,5	9,8	9,9
motor B.R.4	10	9,6	9,6
motor B.R.5	9,3	9,9	9,6
motor B.R.6	9,8	9,6	9,6

3.7. TABLA DE PROMEDIO DE CORRIENTE DE LÍNEA DE MOTORES DE VENTILACIÓN:

Se toma cada hora información diaria de cada corriente de línea con el amperímetro de los 6 motores de 40 hp de los ventiladores.

Tabla3.7 promedio de corriente de línea tomado en operación de seis motores

motor FAN	promedio L1	promedio L2	promedio L3
motor fan1	43,5	42,4	41,2
motor fan2	45,3	42,4	40
motor fan3	45,1	44,4	44
motor fan4	44,5	44	41
motor fan5	42,5	41	42
motor fan6	44	42	40,4

3.8. RECOLECCIÓN DE DATOS EN EL CIRCUITO CERRADO EDIFICIO TORRE A:

En el circuito cerrado detallado tiene un diámetro de 10 pulgadas en todo su recorrido, de acuerdo a los planos proporcionado en el sistema de archivos del world trade center dice que cada piso tiene una altura de 2,5 metros. Y que la bomba tiene una flujo de 1814.5 galones por minuto. Presión de 40 psi constante en la salida de descarga y otra de 33 psi manométricas en el punto más bajo de circuito cerrado.

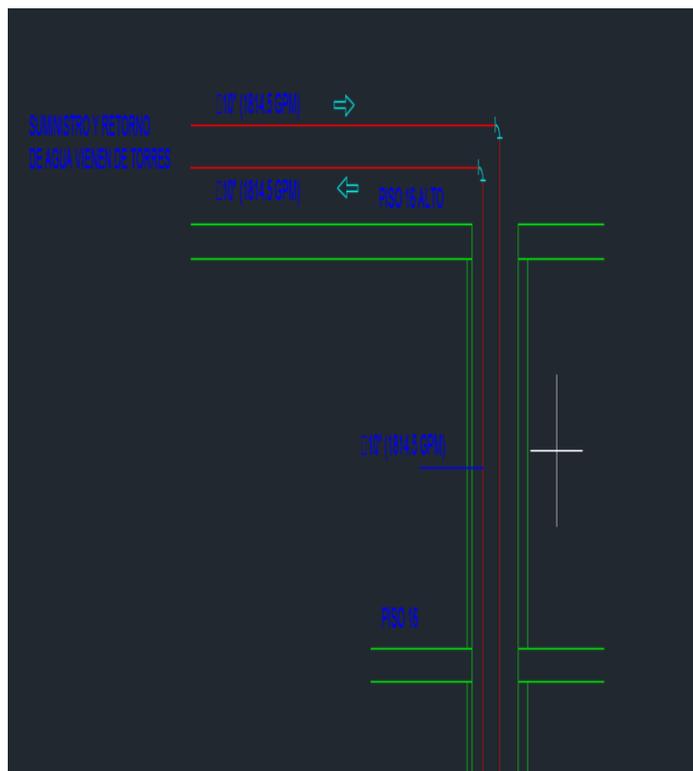


Figura 3.8: (planos de circuito cerrado de la torre A)

Fuente: (planos del World Trade Center 2005)

3.9. RECOLECCIÓN DE DATOS EN EL CIRCUITO CERRADO EDIFICIO TORRE B:

En el circuito cerrado detallado tiene un diámetro de 12 en la principal parte y en el resto tiene 10 pulgadas en todo su recorrido, de acuerdo a los planos proporcionados en el sistema de archivos del World Trade Center dice que cada piso tiene una altura de 2,5 metros. Y que la bomba tiene un flujo de 2169,4 galones por minuto, es simétricamente proporcional al de la torre A.

Para hallar la eficiencia mecánica de la bomba se tiene que usar la ecuación de general de la energía más la ganancia de energía por los dispositivos mecánicos en el circuito, presión de 40 psi constante en la salida de descarga

y otra de 35 psi manométricas en el punto más bajo de circuito cerrado que también tiene un flujo de 140,6 galones por minuto.

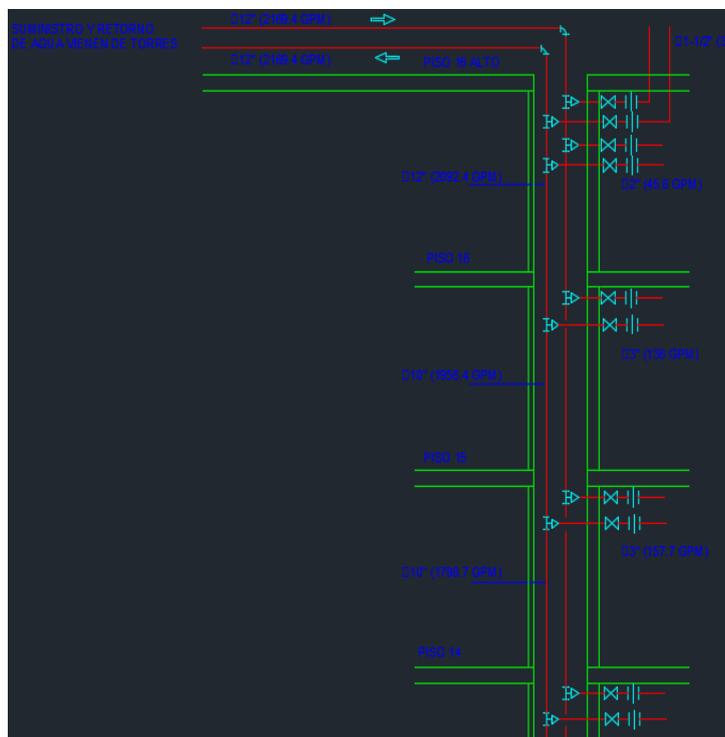


Figura 3.9:(planos de circuito cerrado de la torre B)

Fuente: (planos del World trade center 2005)

3.10. RECOLECCIÓN DE DATOS EN EL CIRCUITO CERRADO EDIFICIO CENTRO COMERCIAL:

En el circuito cerrado detallado tiene un diámetro de 12 pulgadas en todo su recorrido, de acuerdo a los planos proporcionado en el sistema de archivos del world trade center dice que cada piso tiene una altura de 3,5 metros, a el centro comercial cuenta con 4 pisos desde el punto más bajo. Y que la bomba tiene un flujo 1450.6de galones por minuto, con una presión de 50 psi constante en la salida de descarga y, otra de 5 psi manométrica y un flujo de 26,4 galones por minuto en el punto más bajo de circuito cerrado.

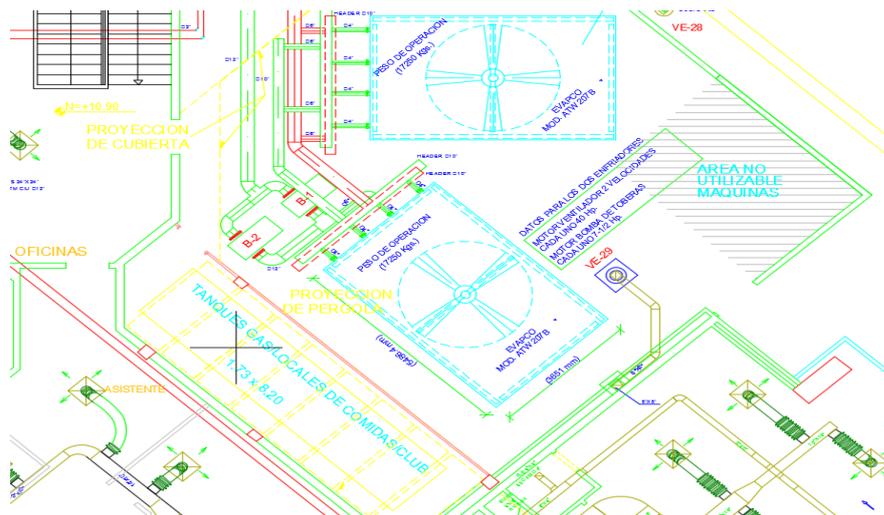


Figura 3.10:(planos de circuito cerrado del centro comercial)

Fuente: (planos del Word trade center 2005)

4. ANÁLISIS DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN DEL WORLD TRADE CENTER

4.1. ANÁLISIS MEDIANTE FÓRMULAS Y CÁLCULOS DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN:

Para analizar los sistemas de climatización del world trade center, siempre tener en cuenta sus dispositivos eléctricos tanto principales como secundarios, en un aspecto por dispositivos como para la parte mecánica y eléctrica, hacer sus cálculos respectivos para su consumo de energía.

4.2. EL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN CENTRALIZADO POR PARTES:

Para analizar el sistema de aire acondicionado debemos dividir el sistema en la parte centralizada y también aparte dividir en los sub-sistemas la parte centralizada y las partes de circulación de agua.

4.2.1. SISTEMA CENTRAL:

El sistema central está sub-dividido entre torres de enfriamiento, sistema mecánico, sistema eléctrico y tuberías.

4.2.2. SISTEMA DE CIRCULACIÓN :

Es el sistema de circulación son todos los elementos o unidades que posee el complejo world trade center para lo que respecta a la climatización de aire.

4.3. ANÁLISIS DE LA TORRES DE ENFRIAMIENTO:

El sistema de climatización cuenta con 6 torres de enfriamiento marca EVAPCO, modelo ATW-207B, de 3,6 metros de ancho, ubicada dos torres de enfriamiento por cada edificio, todas de la misma capacidad de refrigeración, calculada con el diseño del sistema de cada edificio, para hacer análisis debemos observar cómo está el estado de cada torre de enfriamiento y su operación.

$$E = \frac{\text{Enfriamiento real}}{\text{Enfriamiento ideal}} \times 100$$

$$E = \frac{t_{L2} - t_{L1}}{t_{L2} - t_{L1} + t_{L1} - t_{w1}} \times 100 = \frac{t_{L2} - t_{L1}}{t_{L2} - t_{w1}} \times 100$$

$$E = \frac{105^{\circ}\text{F} - 16^{\circ}\text{F}}{155^{\circ}\text{F} - 10^{\circ}\text{F}}$$

$$e = 0,614 * 100\%)$$

$$e = 61.4\%$$

4.4. ANÁLISIS DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE LAS TORRE DE ENFRIAMIENTO:

Las torres de enfriamiento cuentan con dos motores, uno para el ventilador y el otro para la bomba de recirculación del agua en la torre de enfriamiento, los cuales tienen los siguientes datos de placa.

4.4.1. CALCULO DE POTENCIA DEL MOTOR DE RECIRCULACIÓN DE AGUA:

Para calcular la eficiencia real del motor se debe sacar la potencia de salida.

$$P_{out} = \sqrt{3}(I_L)(v) \cos \phi$$

$$I_L = \frac{P_{out}}{\sqrt{3}(v) \cos \phi}$$

Entonces se despeja a corriente de línea (I_L) en la ecuación.

$$1HP = 746W$$

$$7.5HP = 5,5kW$$

Se cambia los hp a watts o kilowatts

$$P_{in} = \frac{5,5kW}{0,865}$$

Se halla la potencia de entrada para usarla para determinar la corriente de línea.

$$I_L = \frac{6,35kW}{\sqrt{3}(460v)(0,85)}$$

$$I_L = 9,376A$$

4.4.2. CALCULO DEL MOTOR DE VENTILADOR DE LA TORRE :

Datos de placa nominal:

Datos de placa: Marca: US. Electrical Motors. MODELO:G59156
 PH:3 RPM:1745 TYPE: UT4 SF:1.25 HP:40/10;VOLTAJE:
 460V;/CODE:H FRAME:324T JM; FL AMPS47,2/17,2 SF AMPS
 25/12.5 MAX AMB:40° C; NEMA NOM EFICIENCY 86.5 FP:0.85.

$$P_{out} = \sqrt{3}(I_L)(v) \cos \phi$$

$$I_L = \frac{P_{out}}{\sqrt{3}(v) \cos \phi}$$

Entonces se despeja a corriente de línea (I_L) en la ecuación.

$$1HP = 746W$$

$$40HP = 29,8kW$$

Se cambia los hp a watts o kilowatts

$$P_{in} = \frac{29,8kW}{0,85}$$

Se halla la potencia de entrada para usarla para determinar la corriente de línea.

$$I_L = \frac{kw}{\sqrt{3}(460v)(0,85)}$$

$$I_L = 42,676A$$

4.4.3. ANÁLISIS DE CIRCUITO CERRADO EDIFICIO TORRE A.

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + ha = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$ha = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} - \frac{p_1}{\gamma} - z_1 - \frac{v_1^2}{2g}$$

$$ha = \frac{p_2 - p_1}{\gamma w} + (z_2 - z_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$$

$$ha = \frac{5760\text{lbs/ft}^2 - 4752\text{lbs/ft}^2}{62,4\text{lbs/ft}^3} + 123\text{ft} + \frac{(7,407\text{ft/seg})^2 - (0,55\text{ft/s})^2}{2(32,2\text{pies/seg}^2)}$$

$$ha = 16,15\text{ft} + 123\text{ft} + 0,847\text{ft}$$

$$ha = 139,99\text{ft}$$

$$P_{out} = hayQ$$

$$p_{out} = 352909,19\text{lb} - \text{ft/seg}$$

$$p_{out} = 64,16\text{hp}$$

$$e = 64,16\text{hp}/75\text{hp}$$

$$e = 0,85 = 85,55\%$$

4.4.4. ANÁLISIS DE CIRCUITO CERRADO EDIFICIO TORRE B.

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + ha = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$ha = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} - \frac{p_1}{\gamma} - z_1 - \frac{v_1^2}{2g}$$

$$ha = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + (z_2 - z_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$$

$$ha = \frac{p_2 - p_1}{\gamma w} + (z_2 - z_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$$

$$ha = \frac{5760 \text{ lbs/ft}^2 - 5040 \text{ lbs/ft}^2}{62,4 \text{ lbs/ft}^3} + 123 \text{ ft} + \frac{(6,152 \text{ ft/seg})^2 - (0,57 \text{ ft/s})^2}{2(32,2 \text{ pies/seg}^2)}$$

$$ha = 11,53 \text{ ft} + 123 \text{ ft} + 0,57 \text{ ft}$$

$$ha = 135,1 \text{ ft}$$

$$P_{out} = ha \gamma Q$$

$$p_{out} = 40718,05 \text{ lb} - \text{ft/seg}$$

$$p_{out} = 74,03 \text{ hp}$$

$$e = 74,5 \text{ hp} / 75 \text{ hp}$$

$$e = 0,98 = 98\%$$

4.4.5. ANÁLISIS DE LA CIRCUITO CERRADO EDIFICIO CENTRO

COMERCIAL:

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + ha = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$ha = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} - \frac{p_1}{\gamma} - z_1 - \frac{v_1^2}{2g}$$

$$ha = \frac{p_2 - p_1}{\gamma w} + (z_2 - z_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$$

$$ha = \frac{7200 \text{ lbs/ft}^2 - 720 \text{ lbs/ft}^2}{62,4 \text{ lbs/ft}^3} + 45,92 \text{ ft} + \frac{(4,11 \text{ ft/seg})^2 - (0,57 \text{ ft/s})^2}{2(32,2 \text{ pies/seg}^2)}$$

$$ha = 103,84 \text{ ft} + 45,92 \text{ ft} + 0,26 \text{ ft}$$

$$ha = 150,02 \text{ ft}$$

$$P_{out} = ha \gamma Q$$

$$p_{out} = 30236,83 \text{ lb} - \text{ft/seg}$$

$$p_{out} = 54,97 \text{ hp}$$

$$e = 54,97 \text{ hp} / 75 \text{ hp}$$

$$e = 0,73 = 73\%$$

4.5. CALCULO ELÉCTRICO DEL MOTOR DE LA BOMBA DE CIRCUITO CERRADO :

Sistema cuenta con 2 motores , en cada circuito cerrado todos de las misma características en los datos marca y modelo, en cual se encarga hacer recircular toda el agua para alimentar las unidades paquete, las cuales trabajan alternamente, es decir solo va a funcionar un motor, nunca ambos mutuamente.

$$P_{out} = \sqrt{3}(I_L)(v) \cos \phi$$

$$I_L = \frac{P_{out}}{\sqrt{3}(v) \cos \phi}$$

Entonces se despeja a corriente de línea (I_L) en la ecuación.

$$1HP = 746W$$

$$75HP = 55,95kW$$

Se cambia los hp a watts o kilowatts

$$P_{in} = \frac{55,95kW}{0,9}$$

Se halla la potencia de entrada para usarla para determinar la corriente de fase.

$$I_f = \sqrt{3}I_f$$

$$I_f = \frac{64,68kW}{3(460v)(0,85)}$$

$$I_f = 52,98$$

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Las torres de enfriamiento son el principal equipo del sistema centralizado de climatización, con el cual opera todas las unidades acondicionadoras de aire alimentadas por agua, el complejo world trade center, por eso tiene una importancia de que estos equipos se encuentren en óptimas condiciones, porque ya de no ser así, podría seguir perdiendo eficiencia en evaporación , por lo tanto los unidades paquete de cada oficina y pasillo, no trabajarían a su operación ideal así la unidad paquete este en óptimas condiciones.

Es de suma importancia que los motores de circuito cerrado tenga una revisión mensual, ya que este motor hace que recircule el agua en el circuito cerrado, ya que si el motor no opera el fluido no va a poder recircular a la unidades paquete y esto con llevar a que los compresores se disparen por alta presión.

El circuito cerrado pierde eficiencia mecánica por acumulación de solidos por el agua que existen dentro del mismo.

Los motores funcionan mutuamente para hacer un proceso de evaporación de tiro inducido donde el motor de circuito cerrado hace la recirculación de agua, el motor de 7,5 hp se encarga de disipar el calor generado por la transferencia de calor entre el serpentín, el agua de los rociadores y fil de pvc.

Los análisis de los motores muestran baja de eficiencia eléctrica, ya que la corriente tomada por el amperímetro sale más elevada que la de placa nominal en operación.

La estructura de cuatro torres de enfriamiento están muy deterioras de acuerdo que al oxido, buscar con que se pueda combatir.

Los químicos para control de contaminación biológica pueden ser muy fuerte para la torre y esto puede producir una serie de problemas en la torre.

Si el circuito cerrado tiene una temperatura adecuada en la zona de descargar de la bomba, las unidades paquete o dispositivos de climatización van a trabajar efectivamente, salvo que la alguna tenga un daño por falta de mantenimiento o un daño por corregir.

Al no tener una eficiencia de evaporación correcta en las torres de enfriamiento, puede que el agua que circula en el circuito cerrado baje con una temperatura de mayor la cual va a influir directamente en la máquinas de todo el complejo world trade center, y la temperatura a la fuente que se va a climatizar no se va hacer la que usuario quiera.

El mantenimiento de controles eléctricos que manejan estos motores son sumamente importante ya que son muy analógicos y en cualquier daño puede que el arranque no entre normalmente.

5.2. RECOMENDACIONES

Seguir el manual de mantenimiento que provee el fabricante de las torre de enfriamiento, con esto ayuda a nivel de eficiencia de la maquina a que no desgaste el equipo y que tenga mayor tiempo de vida.

Hacer un plan de mantenimiento y de mejoras para el circuito cerrado, con el que lleve el removido de los sólidos así tendrá una buena eficiencia mecánica.

Reparar las torre por dentro y su estructura exterior para la mejora de la capacidad de evaporación y así tener una buena operación de las torres de enfriamiento.

Revisar periódicamente el nivel de agua y su pH, para algún tipo de control de contaminación biológica, aparte consultar a una empresa especialista de venta químicos para el control.

Considerar en poner un control HVAC para las torres y los motores. En mejora de la eficiencia energética, del sistema centralizado de world trade center, y poner mejoras para que se opere desde un cuarto o consola donde se muestre parámetros y problemas que se puedan suscitar.

Cambiar el motor dahlander de acuerdo a las mejoras que se vayan haciendo durante su tiempo de vida y combinarlo con un variador de velocidad.

Los controles eléctricos empezar a cambiar el arranque directo y delta estrella por otras posibilidades, como arrancador suave, variador de velocidad y automatización de los controles, con esto mejoran el sistema reduciendo el gasto de kW/h, y con eso también la planilla de luz de cada edificio.

Se es necesario pensar en cambiar una torre de enfriamiento que se cambien una de menor impacto al ambiente, que tenga menos contaminación auditiva

y tenga y control de dosificación automático de químico para la bandeja de la misma.

Hacer una toma de parámetro periódicamente cada semana y mensualmente hacer pruebas y análisis de los motores de la torre y del circuito cerrado.

Tener en cuenta que el proveedor que tenga para repuesto, tenga en el país y si es de caso urgente.

Hacer una inspección de la hélice de cada torre de enfriamiento desde la hélice en tal como su mecanismo de transmisión, bandas, rodamientos, eje de rotación, chumaceras.

Tener en cuenta agentes externo que puedan afectar el funcionamiento de la torre de enfriamiento como seres vivos, lluvia y estructuras arriba de las misma.

Notificar que las torres de enfriamiento, el estado de la torre ya si esta está en un mal estado, hacer esta práctica mensualmente, ya que las torre de enfriamiento es de poca visibilidad porque esta comúnmente arriba de los edificios, donde su viste es aérea.

Tener cuidado con los fil de PVC que están adentro de la torre de enfriamiento, aunque no se ven importante ni son muy mencionado, hacen la función de evaporar el agua que llega caliente de los aspersores de los enfriadores de circuito cerrado.

5.3. ANEXOS

Todos los anexos están en el cd del curso de titulación

- 5.3.1.** Planos del world trade center del sistema de aire acondicionado, parte eléctrica.(2005)
- 5.3.2.** Manual de LAYOUT de las torre de enfriamiento EVAPCO ATW
- 5.3.3.** Catalogo EVAPCO para modelos ATWB enfriadores de circuito cerrado(2012)
- 5.3.4.** Fotos tomadas para la investigación de campo.(2015)
- 5.3.5.** Catálogo de EVAPCO de mantenimiento para enfriadores de circuito cerrado y condensadores de evaporación EVAPCO de tiro inducido y tiro forzado.
- 5.3.6.** Manual de especificaciones técnicas de los modelos ATW EVACPO enfriadores de circuito cerrado.
- 5.3.7.** Manual de LAYOUT de equipos, para torres de enfriamiento, condensadores evaporativos, enfriadores de circuito cerrado.
- 5.3.8.** Planillas de luz del world trade center del medidor de totalizador de la torre A, totalizador torre b, totalizador centro comercial y totalizador general

BIBLIOGRAFIA

Chapman. S. (2005) maquinas electricas cuarta edición. México: PEARSON

Mott. R. (2006) Mecánica de los fluidos sexta edición. México: Pablo guerrero

Chaderton. D. (2000) manual del aire acondicionado. Frio y Calor. México Antonino Madrid Vicente

Buqué. F. (2008) Manuales de prácticas de la refrigeración. Barcelona España. Borda P.

Whitman. W. & W. Johnson (2000) Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado volumen 4.España.

Díaz. V. & Oscar. R. (2005) Acondicionamiento térmicos de edificios. Argentina nobuko editores

García. D.; Ticó. J.; Esquerra. P. (2007) instalaciones de refrigeración y aire acondicionado.

Harper. E. (2003) manual de instalaciones electromecánicas en casa y edificios hidráulicas, sanitarias, aire acondicionado, gas y alumbrado. México noriega editores

Franco. J. (2006) manual de la refrigeración. España |reverte

Escudero. C. & Fernández. P. (2013) máquinas y equipos térmicos instalación y mantenimiento maquinas frigoríficas y de climatización instalación de producción de calor.

Hernández. E (2009) fundamentos del aire acondicionado y la refrigeración. México

MANUALES

Guía simplificada de dispositivo y catálogo altivar 61 y altivar 61 plus (2013)

Catálogo de variadores de velocidad power flex series 520 (mayo 2015)

Catálogo de baja tensión en siemens (2014)

Catálogo de EVAPCO de eco coolers de lo atw/eco y los atwe/eco (junio 2010)

Manual de instrucciones mantenimiento para enfriadores de circuito cerrado y condensadores evaporativos EVAPCO de tiro inducido y tiro forzado (2004)

Manual EATON de arranque y controles de motores trifásicos asíncronos (2011)

Manual de especificaciones técnicas de los modelos ATW EVACPO enfriadores de circuito cerrado (2009)

Manual de LAYOUT EVAPCO de equipos, para torres de enfriamiento, condensadores evaporativos, enfriadores de circuito cerrado. (2007)