



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**MANUAL PARA EL MANTENIMIENTO  
EN ACONDICIONADORES DE AIRE DE  
TIPO CHILLER Y UMAS PARA LA  
EMPRESA NUÑEZ LEZAMA C.A.**

**Autor:**

Franger Adolfo Nuñez Valero

C.I.: V-24.643.910

Urb. Yuma II, Calle N° 3, Municipio San Diego  
Teléfono: (0241) 8714240 (Master) - Fax: (0241) 871239



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**MANUAL PARA EL MANTENIMIENTO EN ACONDICIONADORES DE AIRE DE TIPO  
CHILLER Y UMAS PARA LA EMPRESA NUÑEZ LEZAMA C.A.**

**Empresa: Nuñez Lezama C.A. Valencia, estado Carabobo.**

**Autor:**  
Franger Adolfo Nuñez Valero  
C.I.: V-24.643.910

San Diego, Octubre de 2017



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**MANUAL PARA EL MANTENIMIENTO EN ACONDICIONADORES DE AIRE DE TIPO  
CHILLER Y UMAS PARA LA EMPRESA NUÑEZ LEZAMA C.A**

**CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN**

---

Ing. Luis Ortega  
C.I.: V-3.476.801  
Tutor Académico

---

Ing. Franklin Nuñez  
C.I.: V-10.230.652  
Tutor Empresarial

**Autor:**  
Franger Adolfo Nuñez Valero  
C.I.: V-24.643.910

San Diego, Octubre de 2017



**Materias o áreas del conocimiento del Pensum que intervienen en la realización del Proyecto**

TERMODINAMICA I Y II

TRANSFERENCIA DE CALOR

MANTENIMIENTO MECANICO

**Línea de investigación:**

Investigación proyectiva (proyecto factible)



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**ACEPTACIÓN DEL TUTOR**

Quien suscribe, Ingeniero Luis Ortega portador de la cédula de identidad N° 3.476.801, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano Franger Nuñez portador de la cédula de identidad N°24.643.910, titulado **MANUAL PARA EL MANTENIMIENTO EN ACONDICIONADORES DE AIRE DE TIPO CHILLER Y UMAS PARA LA EMPRESA NUÑEZ LEZAMA C.A.** Presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, mes de Marzo del año dos mil dieciocho.

---

Ing. Luis Ortega  
C.I.: V-3.476.801

## INDICE GENERAL

|  |    |
|--|----|
| RESUMEN .....  | X  |
| INTRODUCCION.....  | 1  |
| CAPITULO I.....  | 2  |
| LA EMPRESA .....   | 2  |
| 1.1    UBICACIÓN.....                                    | 2  |
| 1.2    DESCRIPCIÓN .....                                 | 2  |
| 1.3    RESEÑA HISTÓRICA.....                             | 3  |
| 1.4    MISIÓN .....                                      | 4  |
| 1.5    VISIÓN .....                                      | 4  |
| 1.6    POLÍTICA DE SEGURIDAD Y SALUD LABORAL .....       | 5  |
| 1.7    POLÍTICA AMBIENTAL.....                           | 5  |
| 1.8    OBJETIVOS Y ALCANCE DE LA POLÍTICA AMBIENTAL..... | 6  |
| 1.9    POLÍTICAS DE CALIDAD .....                        | 6  |
| 1.10   ESTRUCTURA ORGANIZATIVA.....                      | 7  |
| CAPITULO II.....   | 9  |
| EL PROBLEMA .....  | 9  |
| 2.1    PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....                  | 9  |
| 2.2    FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....                     | 10 |
| 2.3    OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....               | 10 |
| 2.3.1 <i>Objetivo general</i> .....                      | 10 |
| 2.3.2 <i>Objetivos específico</i> .....                  | 10 |
| 2.4    JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN. ....           | 10 |
| 2.5    ALCANCE .....                                     | 11 |
| 2.6    LIMITACIONES.....                                 | 11 |
| CAPITULO III.....  | 12 |
| FUNDAMENTO TEORICO.....                                  | 12 |
| 3.1    ANTECEDENTES .....                                | 12 |
| 3.2    BASES TEÓRICAS .....                              | 13 |

|                                  |   |           |
|----------------------------------|---|-----------|
| 3.3                              | BASES LEGALES.....  | 15        |
| 3.4                              | DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....   | 16        |
| <b>CAPITULO IV.....</b>          |   | <b>18</b> |
| <b>FASES METODOLOGICAS .....</b> |   | <b>18</b> |
|                                  | FASE I: DETERMINAR LOS ELEMENTOS DEL CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN DE AGUA HELADA.....                              | 18        |
|                                  | FASE II: VERIFICAR EL PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO APLICADO POR NUÑEZ LEZAMA C.A.....                         | 18        |
|                                  | FASE III: DETERMINAR LAS FALLAS MÁS COMUNES EN EL CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN, SUS CAUSAS Y<br>CONSECUENCIAS..... | 19        |
|                                  | FASE IV: ELABORAR EL PLANTEAMIENTO DE REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO.....   | 19        |
|                                  | FASE V: ENTREGA DEL PLAN A LA EMPRESA NUÑEZ LEZAMA C.A PARA SU APROBACIÓN.....                                  | 19        |
|                                  | FASE VI: REALIZAR TALLER EXPLICATIVO A LOS EMPLEADOS DE LA EMPRESA NUÑEZ LEZAMA C.A.....                        | 20        |
| <b>CAPITULO V .....</b>          |   | <b>21</b> |
| <b>RESULTADOS.....</b>           |   | <b>21</b> |
| 5.1.                             | DETERMINAR LOS ELEMENTOS DEL CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN DE AGUA HELADA.....                                      | 21        |
| 5.1.1.                           | Bomba hidráulica.....   | 21        |
| 5.1.2.                           | UMAs.....   | 21        |
| 5.1.3.                           | Chiller .....   | 24        |
| 5.2.                             | VERIFICAR EL PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO APLICADO POR NUÑEZ LEZAMA C.A.....                                  | 30        |
| 5.2.1.                           | UMAs.....   | 30        |
| 5.2.2.                           | Chiller .....   | 33        |
| 5.3.                             | DETERMINAR LAS FALLAS MÁS COMUNES EN EL CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN, SUS CAUSAS Y<br>CONSECUENCIAS.....           | 37        |
| 5.4.                             | ELABORAR EL PLANTEAMIENTO DE REPARACIÓN Y MANTENIMIENTO.....  | 51        |
| 5.4.1.                           | Mantenimiento preventivo .....  | 51        |
| 5.4.2.                           | Mantenimiento Correctivo .....  | 56        |
| 5.5.                             | ENTREGA DEL PLAN A LA EMPRESA NUÑEZ LEZAMA C.A PARA SU APROBACIÓN.....  | 57        |
| 5.6.                             | REALIZAR TALLER EXPLICATIVO A LOS EMPLEADOS DE LA EMPRESA NUÑEZ LEZAMA C.A.....                                 | 58        |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>         |   | <b>59</b> |
| <b>RECOMENDACIONES .....</b>     |   | <b>60</b> |
| <b>BIBLIOGRAFIA .....</b>        |   | <b>61</b> |

## APENDICES

|               |  |    |
|---------------|--|----|
| APÉNDICE I.   | INFORMACIÓN GENERAL DE UN EQUIPO DE CHILLER TRANE MODELO RTAC DE 500 TON ..... | 63 |
| APÉNDICE II.  | DIMENSIONES DE UN CHILLER TRANE RTAC DE 500TON.....                            | 64 |
| APÉNDICE III. | DATA ELÉCTRICA DE CHILLER TRANE RTAC DE 500 TON .....                          | 65 |
| APÉNDICE IV.  | DIAGNÓSTICOS DE FALLA EN CHILLER TRANE RTAC DE 500TON .....                    | 66 |

**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**MANUAL PARA EL MANTENIMIENTO EN ACONDICIONADORES DE  
AIRE DE TIPO CHILLER Y UMAs PARA LA EMPRESA NUÑEZ LEZAMA  
C.A**

**Autor:** Franger Nuñez

**Tutor:** Ing. Luis Ortega

**Fecha:** Octubre, 2017

**RESUMEN**

El presente informe está destinado a la elaboración de un manual de mantenimiento y reparaciones básicas en equipos de refrigeración tipo Chiller y UMAs, permitiendo a la empresa Nuñez Lezama C.A. mejorar los procedimientos, aumentar la calidad de trabajo y las condiciones ergonómicas de sus empleados. Teniendo siempre en cuenta las condiciones y parámetros que los equipos de refrigeración industrial con circuito de agua helada para su trabajo óptimo.

**Descriptores:** Mantenimiento, refrigeración, chiller, UMAs.

## **INTRODUCCION**

Durante el transcurso de los años la sociedad ha ido evolucionando y mejorando sus sistemas de trabajo así como también su maquinaria, lo que hace que paralelamente el consumo de energía aumente y se genere más carga calórica a nivel mundial, esto apoyado por los factores ambientales como la contaminación, por lo consecuente se ha adoptado y mejorado constantemente la tecnología en el área de refrigeración de espacios a escala residencial e industrial.

Los sistemas de refrigeración industrial tipo chiller, tienden a estar conformados por un circuito de agua helada, la cual minimiza la necesidad de refrigerante lo que a su vez disminuye las probabilidades de fuga que se puedan generar a lo largo de todo el trayecto de tuberías, son hasta un 30% más eficiente en la producción de confort y con un alto ahorro energético. Este circuito consta principalmente de uno o varios Chiller ubicados en paralelo que tienen la finalidad de realizar el intercambio de calor del agua llevándola a una temperatura de 6°C, luego ésta pasa por un grupo de bombas que impulsan el agua helada a los lugares donde se encuentren las UMAS que son elementos que tienen la función de ejercer un flujo forzado de aire que intercambia calor con el agua y luego se libera al recinto con una temperatura baja que genera el confort para las personas.

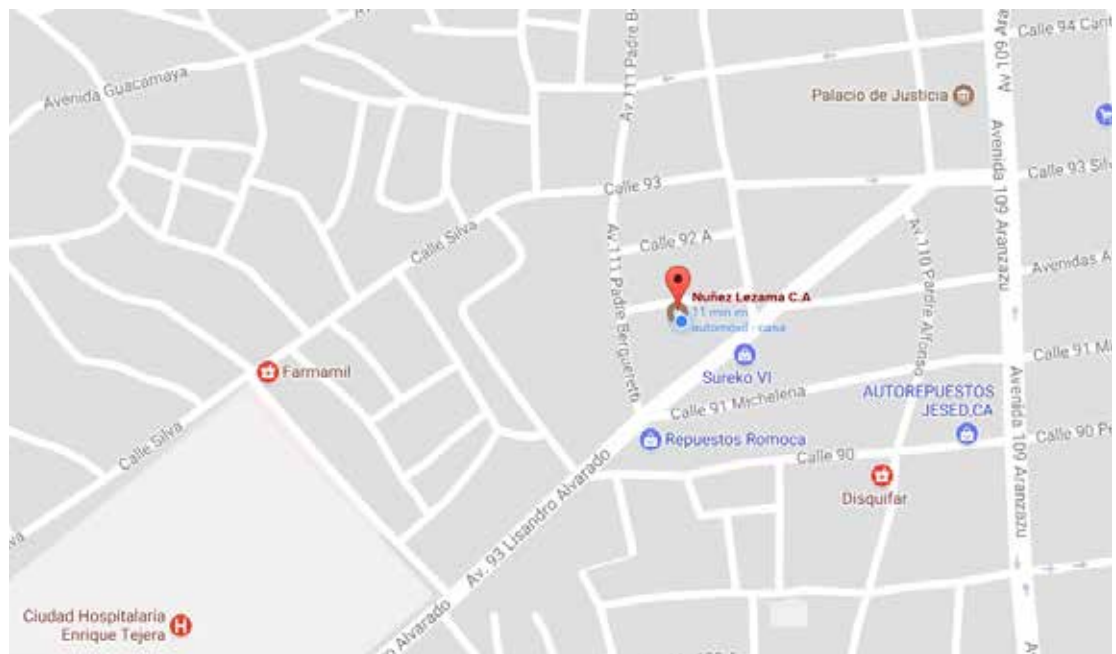
En la empresa Nuñez Lezama C.A se ha trabajado con este tipo de circuito por muchos años, pero con el paso del tiempo la tecnología avanza y los métodos para realizar el mantenimiento de estos equipos van en aumento así como también la variación de instrumentos y herramientas para lograr de esta manera una labor más eficiente. Por eso el objetivo de este proyecto es la realización de un “MANUAL PARA EL MANTENIMIENTO EN ACONDICIONADORES DE AIRE DE TIPO CHILLER Y UMAS PARA LA EMPRESA NUÑEZ LEZAMA C.A”, que permitirá a esta empresa pautar las condiciones de mantenimiento y trabajo en estos equipos, así como también la preparación teórica y práctica en este ámbito de los trabajadores de una manera más rápida, guiándose por los parámetros de trabajos en lo que tienden a estar los equipos en la actualidad.

# CAPITULO I

## LA EMPRESA

### 1.1 Ubicación

La empresa Nuñez Lezama C.A esta ubicada en la urbanización el candelero prolongación calle Rangel casa 111-69 local 1 y 2, Valencia, estado Carabobo



**Figura 1. Ubicación de la empresa Nuñez Lezama C.A**

**Fuente:** Internet, Google maps

### 1.2 Descripción

Nuñez Lezama C.A es una empresa que se dedica a la instalación, mantenimiento y reparación de equipos enfriadores de aire comercial e industrial, así como también la creación de proyectos con esta índole. Durante los últimos años dicha empresa ha realizado diversos trabajos a muchas empresas de renombre a nivel nacional por lo que constantemente busca la mejora continua, el mejoramiento de las herramientas y realización de cursos especializados para poder dar el confort que los clientes requieren, logrando así ambientar los ambientes a los tiempos modernos.

### **1.3 Reseña histórica**

Inicia como un proyecto en el año 1975, para este momento el ciudadano venezolano Adolfo Nuñez era jefe de mantenimiento de un reconocido centro comercial de la ciudad de Valencia; al mismo tiempo ejercía individualmente en lo que se convertiría en su empresa familiar, en ese momento el señor Adolfo prestaba sus servicios a diversos locales y residencias de personas de renombre, quienes solicitaban su servicio al constatar su responsabilidad y la calidad de su labor.

Con el transcurrir del tiempo se empieza a solidificar la idea de la empresa debido a que el hijo mayor del señor Adolfo, Franklin Nuñez empieza a adentrarse en el negocio y proyectos, abocando su carrera en una escuela técnica.

Tiempo después el Sr. Adolfo decide darle forma a su idea y nace ELECTRI AIRE NUÑEZ, S.R.L., Esta empresa comienza a dar frutos rápidamente por lo consecuente padre e hijo se independizan y proceden a dedicarse netamente a trabajos bajo el nombre de esta empresa.

ELECTRI AIRE NUÑEZ, S.R.L., labora eficientemente, logrando obtener grandes contratos, pese a esto la familia Nuñez Lezama, que en este momento ya poseía con la presencia de otro hijo el señor Wilfredo Nuñez, decide unir esfuerzos con la familia Zucaro y Martínez generando una sociedad la cual fue fructífera. No obstante, dicha sociedad no se prolongó por mucho tiempo.

Esta ruptura genera una división de clientela por lo cual el negocio se encontraba en un momento decisivo en el cual la familia Nuñez Lezama es apoyado ahora por el hijo menor Jairo Nuñez y en un consenso familiar proceden a crear la empresa SWINGCOOL que en este ya poseía la experiencia, formación y perseverancia del Sr. Adolfo y de sus 2 hijos Franklin y Wilfredo, además aunado a esto las innovadoras ideas del nuevo miembro.

Sin embargo, en el año 2007 la familia decide cambiar su razón social y nace así Nuñez Lezama C.A., donde se presentaba más consolidada por la unión de nuevos trabajadores, entre ellos familiares.

En la actualidad NULECA ( Nuñez Lezama, C.A.) es una empresa consolidada en el mercado de toda Venezuela, siendo punto de referencia en cuanto a servicios de asesoramiento a la industria y comercio, sistemas de aire acondicionado y control de ambiente, así como servicios de proyectos, mantenimientos, reparación e instalación, a grandes y medianas empresas al igual que a nivel residencial.

#### **1.4 Misión**

Nuñez Lezama C.A., es una empresa de servicio que brinda asesoramiento a la industria y comercio para sistemas de aire acondicionado, control de ambientes, así como servicio de proyectos, mantenimiento, reparación e instalación, a grandes empresas e instituciones, atendiendo con las mejores técnicas, calidad y responsabilidad a todos sus clientes, todo esto dentro de un clima organizacional que sirve de base para captar y desarrollar los recursos humanos más calificados orientados hacia un nivel superior de calidad y responsabilidad en el cumplimiento de los compromisos como fundamento principal en la satisfacción de nuestros clientes.

#### **1.5 Visión**

Nuñez Lezama C.A ubicada en el mercado venezolano como una empresa de servicio que brinda asesoramiento a la industria y comercio para sistema de Aire acondicionado, control de ambiente, así como servicio de proyectos, mantenimiento, reparación e instalación, aspira a colocarse como la empresa de servicios por excelencia para otros mercados a nivel nacional.

Nuestro compromiso es llegar a ser el punto de referencia de calidad hacia nuestros clientes, incorporando personal de alta formación profesional que optimice una diversificación de nuestras actividades donde la creatividad y la innovación en las soluciones ocupen un lugar de relevancia en el Mercado.

## **1.6 Política de seguridad y salud laboral**

Los trabajadores y trabajadoras de la empresa Nuñez Lezama C.A asumiendo en conjunto con la organización el rol protagónico en la participación de la construcción de espacios de trabajo seguros y saludables declaran:

La prevención como herramienta de abordaje, garantizando la capacitación continua en materia de seguridad, salud y ambiente que permita desarrollar los procesos laborales de forma efectiva, a su vez la dotación de los equipos de protección personal oportunos que minimicen los impactos en la salud. Estipulando las siguientes normativas en las diferentes áreas de trabajo:

- El uso de armas de fuego y blancas están prohibidas dentro de las instalaciones
- El ingreso de personas bajo los efectos de alcohol y sustancias psicotrópicas está prohibido, como la ingesta de bebidas dentro de la empresa.
- Al ingresar al área de planta es obligatorio el uso del equipo de protección personal: botas de seguridad, lentes de seguridad.
- El límite de velocidad para los vehículos dentro de planta es de 10 kilómetros
- Circule por el paso peatonal identificado cuando se dirija al área de oficinas administrativas
- Los vehículos deberán estacionarse en posición de salida de emergencia
- Mantenga su área de trabajo limpia y ordenada
- Coloque los desechos en los recipientes indicados según su naturaleza
- Preservemos nuestro planeta apague las luces cuando sea necesario, de un buen uso al recurso vital como lo es el AGUA utilícela con responsabilidad.

## **1.7 Política ambiental**

Núñez Lezama, C.A es una organización comprometida con la protección del medio ambiente y las prácticas comerciales ecológicas, la cual declara como política ambiental, el cuidado de la naturaleza, la protección del medio ambiente y producción limpia y ecológica en todos sus objetivos sociales y servicios que presta a la

comunidad. La empresa procurará mantener un registro actualizado de estudios, recomendaciones y normas técnicas referentes a las prácticas ambientales dentro de las actividades que realiza, con objeto de analizar el impacto ambiental que generan los insumos y materiales que utiliza la empresa, en sus distintas fases, así como sus iniciativas medioambientales tanto comunitarias como nacionales. Todo trabajador recibe adiestramiento en aspectos relacionados con la salud y seguridad laboral, dirigido a desarrollar conciencia sobre la identificación de riesgos, prevención de accidentes y enfermedades profesionales en cada tarea respecto al trabajo. Se prohíbe fumar dentro de las instalaciones de la empresa a fin de garantizar un mejor aire y oxígeno.

Existen normas técnicas establecidas sobre el producto químico el cual se utiliza para la ejecución de trabajos relacionado con el mantenimiento de aires acondicionados; cuya composición está diseñada de manera tal que no genera contaminación al medio ambiente, con lo cual cumplimos con el compromiso de mantener nuestro espacio físico lo más sano posible.

### **1.8 Objetivos y alcance de la política ambiental**

El principal objetivo es estimular el interés en cada persona de crear ambientes saludable, sano y ecológicamente equilibrado en todo momento y en cualquier lugar donde se encuentren todos los que hacen vida en esta organización, minimizar enfermedades ocupacionales y comunes, asegurar el bienestar de los trabajadores y de la comunidad.

### **1.9 Políticas de calidad**

Garantizamos a nuestros clientes calidad, agilidad en el servicio y cumplimiento. Mejoramos continuamente en la prestación de los servicios de suministro, instalación, diseño, mantenimiento y reparación de sistemas de acondicionadores de aires, ventilación y refrigeración, gracias a la competencia y al compromiso de nuestro recurso humano al trabajo en equipo, logrando ser eficientes y reconocidos por nuestros clientes como su mejor opción.

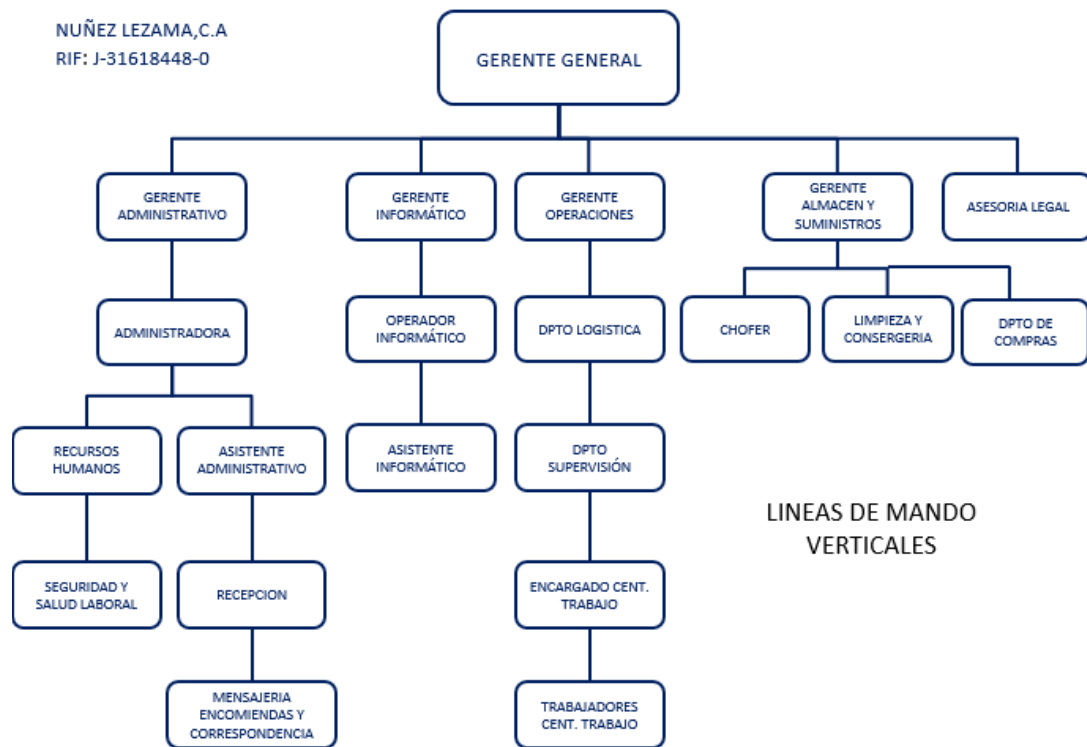
Objetivos de calidad:

- Tener clientes satisfechos con el producto y el servicio.
- Lograr consolidar un buen equipo de trabajo.
- Garantizar el cumplimiento con los tiempos de entrega.
- Lograr la eficiencia en costos de producción.
- Contar con personal comprometido y competente.
- Mejorar continuamente el sistema de gestión de la calidad
- Se tiene como elemento relevante la creación de ambientes adecuados para las diferentes necesidades, ofreciendo la mejor calidad del aire, tanto en lo relativo a su temperatura, como a su humedad y limpieza.
- La realización de diseños de alta ingeniería orientados a ofrecer la solución que mejor se adapte a las necesidades de cada cliente.
- Los equipos que incluyen las soluciones son de las mejores y más reconocidas marcas, por ende garantizan confiabilidad y duración.
- Mantener la seriedad, el cumplimiento, responsabilidad y compromiso en los negocios

#### **1.10 Estructura organizativa**

La empresa Nuñez Lezama C.A cuenta con una organización plasmada en un organigrama vertical que muestra la jerarquía que posee cada uno de los puestos directivos y los departamentos de cada área.

NUÑEZ LEZAMA, C.A  
RIF: J-31618448-0



**Figura 2. Estructura organizativa de la empresa Nuñez Lezama C.A**

**Fuente:** Recursos humanos de la empresa Nuñez Lezama C. A

## **CAPITULO II**

### **EL PROBLEMA**

En este capítulo se enfocará en explicar el método que se utiliza actualmente en el mantenimiento de los equipos tipo chiller y UMAs a nivel industrial, en la empresa Nuñez Lezama C.A.

#### **2.1 Planteamiento del problema**

En la actualidad debido a diversos factores tanto sociales como ambientales, la humanidad ha tenido la necesidad de la utilización de instrumentos o maquinas cuya labor es la climatización de los ambientes para generar un área de confort, la manera más común en la actualidad es la utilización de sistemas de enfriamiento (acondicionadores de aire) y de calefacción, la mayoría de estos sistemas son fabricados en el exterior por diversas empresas, por consiguiente están diseñados para ser mantenidos y trabajados con las condiciones climáticas de esos países.

Por esta situación las diversas empresas que laboran en el área de Planeación, instalación y mantenimiento de acondicionadores de aires usan y aplican diversos métodos factibles que se han ido perfeccionando de manera empírica, es decir se basan en la información aportada por los distribuidores de los equipos, pero las “adaptan” a las características que se puedan presentar en la naturaleza del país.

Lo anterior, causa que exista discordancia entre lo que plantea el manual que provee la empresa del chiller, con relación a los métodos que aplican las diversas empresas. En el caso de Nuñez Lezama C.A, la cual labora en el ámbito residencial e industrial, presenta un problema a la hora de realizar la instrucción sus nuevos ayudantes y técnicos. Esta situación presenta sobre todo en el ámbito industrial al momento de realizar mantenimiento y reparaciones a los equipos de alta capacidad, llamados Chiller y UMAs.

La ausencia de un manual o instructivo puede generar que los trabajadores de mantenimiento pasen por alto alguna acción a la hora de revisar, reparar o realizarlo, generando así un trabajo de menor calidad o ineficiente. Paralelamente cuando se deba realizar algún trabajo correctivo en estos antes de lo programado, se causan incomodidades a la empresa y al cliente.

## **2.2 Formulación del problema**

Teniendo identificado el problema, se presenta la siguiente interrogante ¿Cómo pueden los trabajadores de la empresa Nuñez Lezama C.A, realizar de manera eficiente el mantenimiento de los equipos Chiller y UMAs?

## **2.3 Objetivos de la investigación**

### **2.3.1 Objetivo general**

Elaborar un manual para la realización de mantenimiento de los equipos tipo chiller y UMA

### **2.3.2 Objetivos específico**

- Determinar los elementos del circuito de refrigeración de un circuito de agua helada.
- Verificar el procedimiento de mantenimiento aplicado por Nuñez Lezama C.A.
- Determinar las fallas más comunes en el circuito, sus causas y consecuencias.
- Elaborar el planteamiento de reparación y mantenimiento.
- Entrega del plan a la empresa Nuñez Lezama C.A para su aprobación.
- Realizar taller explicativo a los empleados de la empresa Nuñez Lezama C.A.

## **2.4 Justificación de la investigación.**

En la actualidad la empresa Nuñez Lezama C.A ejerce su labor a nivel nacional, como consecuencia la demanda de su trabajo va en aumento, generando así que los requerimientos para el mantenimiento efectivo de los equipos requieran un procedimiento más completo y adaptado a las condiciones de trabajo de los mismos.

Este proyecto servirá de beneficio para el personal técnico que se dedique a la reparación, instalación y mantenimiento de equipos de refrigeración y permitirá un trabajo eficiente para el sector nacional, además el trabajo facilitara la formación en el área, de los estudiantes que realizaron el presente trabajo, debido a que le permite conocer las mejores variables a utilizar en los sistemas de Chiller y UMAs. De igual manera colaborara con la universidad José Antonio Páez al ampliar su biblioteca.

### **2.5 Alcance**

El propósito de este proyecto es permitir a la empresa Nuñez Lezama C.A una herramienta capaz de generar un sustento en el cual basarse para el entrenamiento de sus trabajadores a la hora de realizar mantenimiento y reparaciones en los equipos de gama industrial a nivel nacional.

### **2.6 Limitaciones**

El tiempo de investigación está estipulado en 8 meses, sin embargo, en el transcurso del desarrollo de la investigación pueden surgir nuevas variables provenientes de ideas consolidadas y derivadas de la propuesta de solución que se adopte que pueden extender este período de investigación.

La implementación de este manual será cargo del departamento operacional de la empresa que conjunto al departamento de recursos humanos tendrán la decisión del método con el cual se implementara tanto la aplicación práctica del manual como la preparación de los ingresados con dicho material.

## **CAPITULO III**

### **FUNDAMENTO TEORICO**

Según Sabino, Carlos (1996), afirma que el “el planteamiento de una investigación no puede realizarse si no se hace explícito aquello que nos proponemos a conocer, es siempre necesario distinguir entre lo que se sabe y lo que no se sabe con respecto a un tema para definir claramente el problema que se va a investigar”. (p 64).

#### **3.1 Antecedentes**

Como principal antecedente bibliográfico se encuentra la investigación realizada por Granado, J(2015), egresado del Instituto Politécnico Nacional, ESIME, Unidad Azcapotzalco, quien condujo una investigación titulada Implementación de un programa de mantenimiento preventivo a unidades manejadoras de aire. Esta investigación se basó en la descripción de los procedimientos a realizar, los materiales y el herramental, mínimo indispensable para implementar un Programa de Mantenimiento Preventivo Anual para las Unidades Manejadoras de aire, donde se indica la frecuencia de las actividades que se deben realizar para asegurar la funcionalidad de los equipos. Es sumamente beneficioso para el desarrollo del presente proyecto, debido a que el rediseño realizado tiene mucha relación con el diseño presentado, por lo que supone una herramienta de gran utilidad.

Adicionalmente se encuentra la investigación realizada por Moreno, J. (2011), egresado de la Universidad Simón Bolívar, con la investigación titulada Elaboración de un programa general de mantenimiento para los equipos aire acondicionado de las instalaciones del gran casino margarita, que tenía como propósito presentar la metodología para realizar el diseño de un plan de mantenimiento así como también, mostrar los cálculos necesarios para realizar una instalación apropiada según los parámetros internacionales.

Lugar el cual posee un sistema de refrigeración tipo chiller y UMAs por ende entrega diversa información sobre este tipo de instalaciones y las posibles fallas que se

pudiesen presentar en circunstancias específicas ambientales en un recinto de esta índole.

Por último, Santana, C. (2011), egresado de la Universidad Simón Bolívar, realizó una investigación titulada Informe de mantenimiento realizada en la empresa Trane servicefirst C.A. Y se basó en la modificación de los diversos procedimientos de reparación básica en los equipos acondicionadores de aire tipo chiller.

Dicho informe presenta información técnica y detallada de la utilización de diversas estrategias para poder atacar un problema que se puedan generar en un equipo industrial tipo Chiller, demuestra de igual manera como son las especificaciones que recomienda la empresa Trane para la instalación, uso y mantenimiento de los chiller de su marca

### **3.2 Bases teóricas**

#### **Circuito de refrigeración**

Corresponde a un arreglo mecánico basado en los principios de la termodinámica y mecánica de los fluidos diseñado para transferir energía térmica entre dos focos, desplazando la energía térmica contenida en uno de sus focos a fin de obtener una menor temperatura en este. Los focos suelen ser sistemas termodinámicamente cerrados

Está conformado por cuatro (5) elementos principales

- Refrigerante
- Compresor
- Condensador
- Válvula de expansión
- Evaporador



**Figura 3. Ciclo de refrigeración básico**

Fuente: Internet, wikipedia.ciclo.refrig.com. (2.016)

### **Compresor**

Es un elemento mecánico que cumple la función de mantener un diferencial de presión entre su entrada y su salida que provoca que el fluido fluya en suficientes cantidades dentro del circuito.

### **Bomba hidráulica**

Es una máquina que absorbe energía mecánica que puede provenir de un motor eléctrico y la transforma en energía cinética.

### **Condensador**

Intercambiador de calor con flujo de aire forzado mecánicamente en el cual se realiza un proceso en el que se extrae el calor del refrigerante luego de la salida del compresor.

### **Ley de los gases**

La Ley de Boyle establece que, a temperatura constante (transformación isotérmica), el producto de la presión por el volumen de un gas, es una constante. En la ecuación 1, se presenta dicha Ley.

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 \quad (\text{Ec.1})$$

Donde:

P: Presión absoluta (kPa)

V: Volumen (m<sup>3</sup>)

Esto significa que si el volumen se reduce a la mitad durante una compresión entonces se duplica la presión, siempre que la temperatura permanezca constante. La ley de Charles establece que a presión constante (transformación isobárica), el volumen de un gas cambia en proporción directa al cambio en su temperatura.

La relación descrita por esta ley se observa en la ecuación 2.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad (\text{Ec.2})$$

Donde:

T: Temperatura (K).

La ley general de estado de los gases es una combinación de las leyes de Boyle y las de Charles. Esto significa que tanto presión, como volumen y temperatura afectan a cada una de las otras variables. Cuando una de estas variables se modifica, esto afecta al menos a una de las otras dos variables. (Morales, 2009).

### **Termostato**

El termostato es un dispositivo que se emplea para mantener la temperatura en un punto determinado de un ambiente o sistema; dando a esto permite abrir y cerrar un circuito eléctrico. Los termostatos adquieren varias formas o tipos, pueden ser tan simples como una lámina metálica o extremadamente complejos como microprocesador.

### **Contacto**

Es un mecanismo cuya misión es la de cerrar unos contactos, para permitir el paso de la corriente a través de ellos. Esto ocurre cuando la bobina del contador recibe corriente eléctrica, comportándose como electroimán y atrayendo dichos contactos.

### **3.3 Bases legales**

Los edificios en la actualidad deben cumplir ciertas normas que respalden la correcta operación de cada una de las instalaciones físicas y tecnológicas. Existe el

Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE). El RITE tiene como objetivo establecer las exigencias de eficiencia energética y seguridad que deben cumplir las instalaciones térmicas en los edificios, las cuales están destinadas a atender la demanda de bienestar e higiene de las personas durante su diseño y dimensionado, ejecución, mantenimiento y uso, así como determinar los procedimientos que permitan acreditar su cumplimiento.

También se encuentran Normas sobre las sustancias propiamente dichas, como especificaciones de gases refrigerantes y designación de los refrigerantes que se determina en la norma ISO 817.

Normas sobre sistemas, equipos y componentes, por ejemplo, requisitos de seguridad para equipos de refrigeración, códigos guías para sistemas de refrigeración y aire acondicionado que podemos conseguir en la norma ISO 5149.

Otras normas vigentes para trabajar con sistemas de refrigeración se mencionan a continuación:

- a) ANSI/ARI 700 Especificación de refrigerantes a base de fluorocarbono
- b) ANSI/ASHRAE B16.5 Collarines de tuberías y sus accesorios
- c) ANSI/ASHRAE 34 Designación numérica y clasificación de refrigerantes según su seguridad.
- d) ANSI/ASME B31.5 Tuberías de refrigeración
- e) ANSI/ASME B36.10M Tuberías de acero soldadas y de forjado sin costura

### **3.4 Definición de términos básicos**

**UMA:** Unidad manejadora de agua, son equipos los cuales realizan el intercambio de calor con el uso de agua helada

**Accesorios:** Es el conjunto de piezas moldeadas o mecanizadas que unidas a los tubos mediante un procedimiento determinado forman las líneas estructurales de tuberías de una planta de proceso.

**Serpentín:** Intercambiador de calor conformado por láminas de aluminio distribuidas milimétricamente de manera vertical

**Tuberías:** Conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos. Se suele elaborar con materiales muy diversos.

**Válvula:** Dispositivo que regula el paso del flujo en uno o varios tubos o conductos.

## **CAPITULO IV**

### **FASES METODOLOGICAS**

En este capítulo se pretende especificar los métodos y medios que fueron utilizados para el finiquito de cada una de las actividades y de toda la investigación en sí. Usando las fases metodológicas que son utilizadas para determinar la continuidad que siguió el autor, se logra tener una secuencia precisa de la elaboración en sí del proyecto.

#### **Fase I: Determinar los elementos del circuito de refrigeración de agua helada.**

En esta fase se debe realizar un análisis sobre los elementos que están presente en los circuitos de refrigeración que trabajan en función de agua helada, esto permitirá determinar cuáles son los requerimientos que se puedan generar a la hora de realizar la instalación, mantenimiento o reparación de los mismo, teniendo en cuenta cuales son los parámetros que deben presentar cada uno para generar su puesta en marcha y verificar que estos estén en buen o mal funcionamiento. Así como la línea de distribución de tuberías tanto de suministro como de retorno.

Cabe destacar que se estudiara para generar un balance entre los parámetros de trabajo y así poder plantear las condiciones operativas óptimas de los elementos del circuito de refrigeración industrial que se adapten a las condiciones de instalación y trabajo que se generan en el territorio donde laboran.

#### **Fase II: Verificar el procedimiento de mantenimiento aplicado por Nuñez Lezama C.A.**

La realización de esta fase generara información sobre los procedimientos actuales que se utilizan en la empresa Nuñez Lezama C.A. al momento de la aplicación de los mantenimientos y las reparaciones; con este margen de ideas se podrá realizar un análisis sobre la manera en la que se aplica en los trabajos de la empresa y la que recomiendan ciertos distribuidores y fabricantes de los equipos que son la intervenidos de manera técnica por los empleados de Nuñez Lezama C.A.

**Fase III: Determinar las fallas más comunes en el circuito de refrigeración, sus causas y consecuencias.**

Teniendo en cuenta la información obtenida en la fase I de esta investigación se puede realizar un estudio de los equipos a trabajar y determinar si estos trabajan de manera correcta según los parámetros recomendados, de igual manera el estudio de las fallas más frecuentes que se puedan presentar en el circuito y en cada uno de sus elementos, así como sus causas y posibles consecuencias en sistema.

Cabe destacar que estas fallas pueden ser generadas por factores no estudiados a la hora de hacer la instalación, como por una discontinuidad en el mantenimiento, intervención del medio ambiente o factores externos que afectaron de manera negativa al funcionamiento correcto del circuito. Sin embargo, esta investigación se basará en los primeros tres ítems puesto a que el cuarto padece de un criterio lógico por el cual se podría estudiar y prever a causa de lo extenso del mismo.

**Fase IV: Elaborar el planteamiento de reparación y mantenimiento.**

Según los datos obtenidos en las fases anteriores se procederá a la realización de un plan de mantenimiento que abarque los procedimientos realizados por la empresa en el ámbito de mantenimiento y reparaciones básicas, haciendo énfasis en la modificación de los parámetros y condiciones de trabajo a los que están expuestos los equipos que conforman el sistema.

Este establecerá un protocolo que permita al trabajador poder realizar de manera rápida y eficiente el mantenimiento o reparación de los equipos evitando que se obvie de algún elemento que pueda ser importante y de esta manera aumentar la calidad de su trabajo, lo que en el aspecto de la empresa se representa como una posible disminución de los trabajos de garantía, que no generan ganancias y requieren la distribución de personal para atender dichos trabajos que la empresa Nuñez Lezama C.A toma como prioridad urgente. Aunado a un sistema que permita mantener la información de los diversos equipos que son intervenidos.

**Fase V: Entrega del plan a la empresa Nuñez Lezama C.A para su aprobación.**

Luego del finiquito de la fase IV es necesario que la empresa Nuñez Lezama C.A verifique la propuesta del plan y realice la aprobación del mismo, esto abarca la factibilidad del plan y si cumple con los requerimientos de calidad y organización que demanda la empresa para el trato a sus clientes y con los requisitos que posean sus trabajadores para un trabajo ergonómico. Esta aprobación deberá ser realizada por la directiva de la empresa y por el departamento del RRHH para poder proseguir a la fase VI

**Fase VI: Realizar taller explicativo a los empleados de la empresa Nuñez Lezama C.A.**

Luego del cumplimiento de la fase V se realizara la exposición del plan de trabajo en un taller explicativo a un grupo de empleados de la empresa Nuñez Lezama C.A. con el objetivo de familiarizarlos con el plan de trabajo expuesto y de esta manera solventar dudas y realizar mejoras de ser necesario según comentarios de este grupo de empleados, en búsqueda de la simplificación y fácil acogida del plan por el grupo técnico de la empresa.

Esta fase es de suma importancia puesto a que unificara conceptos e ideas entre el autor y ciertos departamentos, generando así una unión entre la empresa y el plan de trabajo que se usara para realizar sus labores, de esta manera se obtendrá una cooperación que ayudara a la adaptación de los demás trabajadores al sistema.

## **CAPITULO V**

### **RESULTADOS**

#### **5.1. Determinar los elementos del circuito de refrigeración de agua helada.**

Al momento de realizar el estudio de un circuito de refrigeración de agua es necesario como dato principal saber la capacidad de volumen de aire acondicionado que requiere el sistema, en su mayoría estos son utilizados para diseños de gran magnitud, puesto a que permiten una distribución más eficiente y ahorrando grandes cantidades de dinero. Para la determinación de estos elementos según su capacidad es necesario que se realice un estudio de carga térmica en el recinto donde se piensa incluir el sistema y de esta manera proceder a la instalación de los mismos.

Los elementos que laboran en este tipo de circuito son 3 primordiales:

##### **5.1.1. Bomba hidráulica**

Esta permitirá el fluir del agua de suministro (Baja temperatura) y retorno (Temperatura ambiente), estas según la capacidad que se requiera en el sistema pueden requerir más de una conectada en serie.

##### **5.1.2. UMAs**

Son los elementos intercambiadores de calor, es decir que son los que realizan el intercambio de temperatura entre el agua a baja temperatura (44°F) y el aire del recinto, estos pueden ser de diversos tamaños, capacidades y modelos. Estos a su vez están conformados por un serpentín, un flujo cruzado con su capacitor, las tuberías de suministro y retorno del agua y su sistema de control que se basa en 2 sensores, uno de suciedad y otro de temperatura; una válvula que es la que regula el caudal de agua; y el elemento principal de control, es decir el termostato.

Su funcionamiento se podría dividir en 2 partes, una la parte lógica del sistema, es decir la de control y otra la parte mecánica.

- **Funcionamiento lógico:** Como se comentó anteriormente el elemento primordial es el termostato, el cual nos permitirá definir y modificar los parámetros de trabajo que se requiera en el recinto para generar el confort deseado, estos parámetros son:

- **La temperatura:** Este valor definirá es la temperatura la cual se desea el recinto por parte de los usuarios. Cabe resaltar que esta temperatura no determina lo “frio” que puede salir el aire del evaporador, sino que es solo un indicativo de la temperatura que se encuentra en lugar que se desea acondicionar a medida que el equipo trabaja. Según el modelo del equipo y del termostato puede encontrarse en grados Fahrenheit o Celsius.
- **El caudal de aire:** Estos son controlados con la selección de velocidades predeterminadas del flujo cruzado, generalmente se disponen de 4: baja, media , alta y auto; siendo esta ultima un método que alternará entre las 3 velocidades anteriores según parámetros definidos por la lógica del sistema, es decir, que dependiendo del termostato dichas velocidades podrían variar por factores como la temperatura, por un temporizador o por un combinado entre ambos, dependiendo siempre del tipo y modelo de termostato que se instale. Es necesario comentar que este parámetro puede no ser controlado en casos de equipos de alta capacidad puestos a que estos laboran solo a una velocidad.

Aunado a esto se encuentran el sensor de suciedad y el sensor de temperatura; el de suciedad se encuentra dentro de la unidad, la cual en su funcionamiento genera una presión negativa que capta el sensor, cuando el serpentín se encuentra obstruido dicha presión disminuye y este cambio de presión lo traduce el sensor como una falla que marca que el equipo requiere mantenimiento. Por otro lado el de temperatura se encuentra en la aparte de

succión del flujo cruzado puesto a que su objetivo es medir la temperatura que se encuentra el recinto y de esta manera el termostato podrá comparar la temperatura a la que ha sido programado con la temperatura que indica el sensor, y si estas coinciden indica que en el espacio acondicionado se ha logrado alcanzar la temperatura que se desea.

- **Funcionamiento mecánico:** Estas son colocadas separadas de la parte lógica debido a que su funcionamiento es relativamente independiente de lo que sucede con las demás partes, es decir estas realizan su función individualmente, la estructura base se define como una tubería de suministro que se conecta al serpentín y otra de retorno conectada en la salida de dicho serpentín. En ambas tuberías se encuentra una válvula manual que permitirá desconectar al serpentín del circuito de agua helada si así se desea. Sumado a esto se encuentra una válvula electrónica que se encuentra en la salida del serpentín y es controlada por el termostato, el cual le indica cuando abrir y cerrar el paso del agua para llegar y mantener el confort en el espacio acondicionado.

Por otro lado se encuentra el flujo cruzado que consta de un motor que funciona con un capacitor, la función del flujo cruzado es la de tomar aire de la habitación y forzarla a cruzar a través del serpentín para que se le reduzca la temperatura al aire a causa de un intercambio de calor convectivo, luego este aire recircula dentro de la habitación para ser absorbido nuevamente por el flujo cruzado. Este ciclo se repetirá hasta que la temperatura del aire absorbido coincida con la marcada en el termostato y de esta manera se apague el flujo cruzado para luego arrancar nuevamente cuando dichos valores ya no sean iguales.

### 5.1.3. Chiller

Debido a lo importancia de una descripción más precisa sobre los componentes y funcionamiento de este elemento se tomó como muestra un equipo de la marca Trane modelo RTAC de 500 toneladas (APENDICE I).

Este es un equipo que se encuentra dividido en dos circuitos parcialmente independientes, los cuales son controlados por un panel de control y permite de esta manera la capacidad de realizar trabajos sin necesidad de dejar inoperativo el 100% del equipo durante las labores de mantenimiento y reparación.

Su principio de funcionamiento está basado en el ciclo de refrigeración básico, y es el elemento principal de un circuito de refrigeración con agua helada. Los puntos clave del estado se indican en la FIGURA.

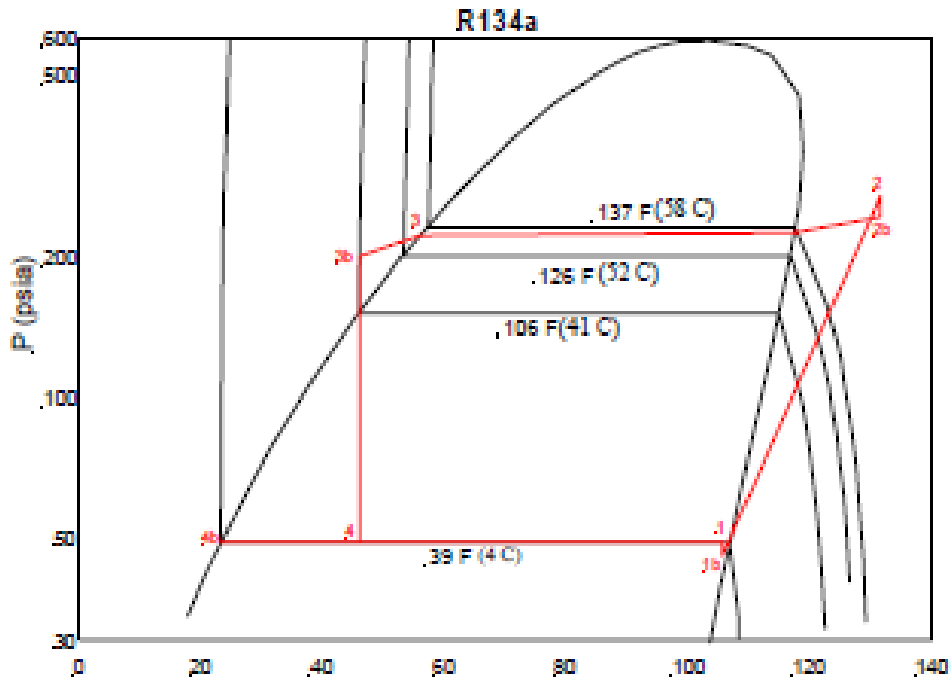


Figura 4. Diagrama P-H de RTAC Chiller

La enfriadora RTAC utiliza un diseño del evaporador de concha y tubo con refrigerante evaporándose en el lado de los tubos de superficies estriadas (estados 4 a

1). La caída de presión en la línea de succión se minimiza por las líneas de dimensión generosa (estados 1 a 1b). El compresor es uno del tipo tornillo de doble rotor (estados 1b a 2). Las líneas de descarga incluyen un sistema de separación de aceite de alta eficiencia que virtualmente remueve todo el aceite del caudal de refrigerante que se dirige hacia los intercambiadores de calor (estados 2 a 2b). La reducción de sobrecalentamiento, la condensación y el sub-enfriamiento se logran dentro de un intercambiador de calor de aleta y tubo enfriado por aire, en donde el refrigerante se condensa en un tubo (estados 2b a 3b). Una válvula de expansión electrónica balancea el flujo regula el flujo del refrigerante a través del sistema (estados 3b a 4)

### **Compresor**

El compresor es de tipo tornillo de transmisión directa y semi-hermético. Posee 2 compresores en cada circuito, cada compresor tiene solo cuatro partes en movimiento:

- Dos rotores que proporcionan compresión
- Dos válvulas de control, una macho y otra hembra.

La capacidad está controlada adicionalmente por una válvula de descarga escalonada. El rotor macho está conectado al motor y el rotor hembra es impulsado por el rotor macho. Los rotores y el motor están soportados por rodamientos.

El compresor tipo tornillo es un dispositivo de desplazamiento positivo. El vapor refrigerante del evaporador se extrae hacia la abertura de succión del compresor (estado 1b), a través de una pantalla coladora de succión a lo largo del motor, que proporciona enfriamiento del motor y se enseguida hacia la entrada de los rotores del compresor. Luego se comprime el gas, el cual se descarga por una válvula de retención y hacia la línea de descarga (estado 2).

Cabe destacar que no hay contacto físico entre los rotores y la carcasa del compresor. Por otro lado los rotores tienen contacto uno con el otro en el punto donde ocurre la acción de transmisión entre los rotores hembra y macho. Un aceite especial es inyectado a los rotores del compresor, recubriendo los rotores en el interior de la carcasa del compresor. Aunque este aceite proporciona lubricación su principal función

es sellar los espacios de libramiento entre los rotores y la carcasa del compresor. Un sello positivo entre estas partes internas intensifica la eficiencia del compresor al limitar la fuga entre las cavidades de alta y baja presión.

El control de la capacidad se realiza por medio de una válvula hebra de descarga escalonada y una válvula macho de descarga. La hembra es el primer paso de la descarga después que ha arrancado el compresor y la última etapa de descargue cuando este se apaga. La válvula macho de descarga se coloca junto al cilindro del pistón a lo largo de la longitud del rotor macho. La capacidad del compresor se dicta por la posición de la válvula de descarga relativa a los rotores. Cuando la válvula se desliza hacia el extremo de descarga de los rotores, la capacidad del compresor se ve reducida.

### **Condensador y subenfriador**

El intercambiador de calor consiste en tubos de  $\frac{3}{8}$ " que contienen refrigerante, aletas grandes que se encuentran en el flujo de aire y ventiladores que forzan el flujo de aire a través de dichas aletas. El gas de alta presión del compresor entra a los tubos del condensador a través del colector de tubos de distribución (estado 2b). Al fluir el refrigerante por los tubos, el calor de la carga de compresión y de enfriamiento se rechaza hacia el ambiente. En este proceso el sobrecalentamiento se ve reducido, condensando (estados 2b a 3) y finalmente subenfriado (estado 3 a 3b) a una temperatura ligeramente por encima de la temperatura del aire ambiental. El refrigerante líquido subenfriado se reúne en el colector de tubos de salida donde es transferido hacia la línea de líquido (estado 3b)

El algoritmo prearranca los ventiladores (con base en temperaturas del ambiente y del agua) al arrancar el circuito de compresión. Mientras el circuito está operando, siempre trabajará con el mayor número de ventiladores posibles sin reducir la presión diferencial por debajo del punto de ajuste. (Para una condición rara como durante operaciones de vacío, el estado de un ventilador estable violaría ya sea el punto de ajuste 60 psi (4.2 barios) o bien ocasionaría un corte por alta presión; en estas condiciones, un ventilador se apagaría y encendería). Durante dos minutos después del

arranque de la enfriadora, el punto de ajuste es de una diferencia de 35psi (2.45 barios); luego los controles de ajustan de manera gradual pasando 30 segundos, hasta 60 psi (4.2 barios).

### **Válvula de expansión**

La caída de presión ocurre en una válvula de expansión electrónica. El controlador de la unidad utiliza una válvula para regular el flujo a través de la línea del líquido para concordar con el flujo producido por el compresor. La válvula tiene un orificio variable que se modula por un motor de movimiento escalonado.

El refrigerante líquido subenfriado de alta presión entra a la válvula de expansión de la línea de líquido. Mientras que el refrigerante pasa por dicha válvula la presión desciende sustancialmente, que resulta en una vaporización de una parte del refrigerante. El calor de la vaporización se suministra por la mezcla de dos fases que resulta en un refrigerante de baja presión y de baja temperatura que se suministra al evaporador (Estado 4) para proporcionar el enfriamiento.

### **Evaporador**

El evaporador está compuesto por un separador de líquido-Vapor, un sistema de distribución del líquido y un evaporador de desprendimiento de película o de capa.

Una mezcla de refrigerante líquido-Vapor entra al separador de vapor de líquido (estado 4). La mezcla de líquido refrigerante y gas de evaporación precipitada se separan, dirigiéndose entonces el líquido hacia el sistema de distribución de líquido (estado 4b) y el vapor hacia el deflector de succión del evaporador. El sistema de distribución de líquido distribuye el líquido en partes iguales a todo lo largo de los tubos del evaporador. Una porción del líquido hierve mientras cae por la gravedad de un tubo a otro, mojando todos los tubos del evaporador.

Para asegurar que los tubos en la parte inferior del evaporador no experimenten sequía, se mantiene un cuerpo líquido en la parte inferior a unas pulgadas del conjunto general. Los tubos ubicados en la parte inferior del evaporador evaporan el líquido refrigerante mediante su ebullición.

El calor se transfiere del agua o del glicol dentro de los tubos, hacia el refrigerante líquido mientras la capa o película del refrigerante se evapora sobre la superficie del tubo. La transferencia de calor de película o de capa delgada requiere una diferencia de temperatura más pequeña para una supuesta cantidad de transferencia de calor, que la ebullición de nucleación, que es proceso de transferencia de calor utilizado en los evaporadores inundados. Por consiguiente, la eficiencia se intensifica por el uso de evaporación por la misa caída de película o de capa. Además, el evaporador requiere menos refrigerante que un evaporador inundado similar. El resultado total es que el evaporador hierve la totalidad del refrigerante suministrado a una presión constante.

El vapor refrigerante abandona el evaporador a través del deflector de succión donde se mezcla con el vapor proveniente del separador de líquido-Vapor (estado 1)

### **Sistema de aceite**

Los compresores tipo tornillo requieren grandes cantidades de aceite para lubricar y sellar los rotores y para lubricar los rodamientos. Este aceite se mezcla con el refrigerante en la descarga del compresor.

Para intensificar el rendimiento de las superficies del intercambiador de calor, dentro de la línea de descarga se coloca un sistema de separación de aceite. El separador de aceite se ubica entre el compresor y el condensador y separa el aceite utilizando fuerza centrífuga de alta eficiencia. Aproximadamente el 99,5% del aceite es removido del refrigerante en el separador.

El aceite que se remueve del refrigerante cae por gravedad hacia el colector de aceite del cárter. Este aceite se dirige de nuevo hacia el compresor a través de las líneas de aceite. Dentro del compresor se encuentra un filtro que limpia el aceite antes de que entre a los rotores y a los rodamientos. Una vez que se ha inyectado el aceite hacia los rotores del compresor, de nuevo se mezclan con el refrigerante y se envía hacia la línea de descarga.

El aceite que llega pasar por los separadores de aceite fluye a través del condensador, subenfriador y la válvula de expansión hacia el evaporador.

Una pequeña cantidad de aceite y refrigerante de este cuerpo de aceite (estado 4b) regresa a través de la línea que está conectada al compresor corriente abajo del motor. Este aceite y refrigerante se mezcla con el vapor de refrigerante que fue extraído del evaporador, antes de ser inyectado a los rotores del compresor.

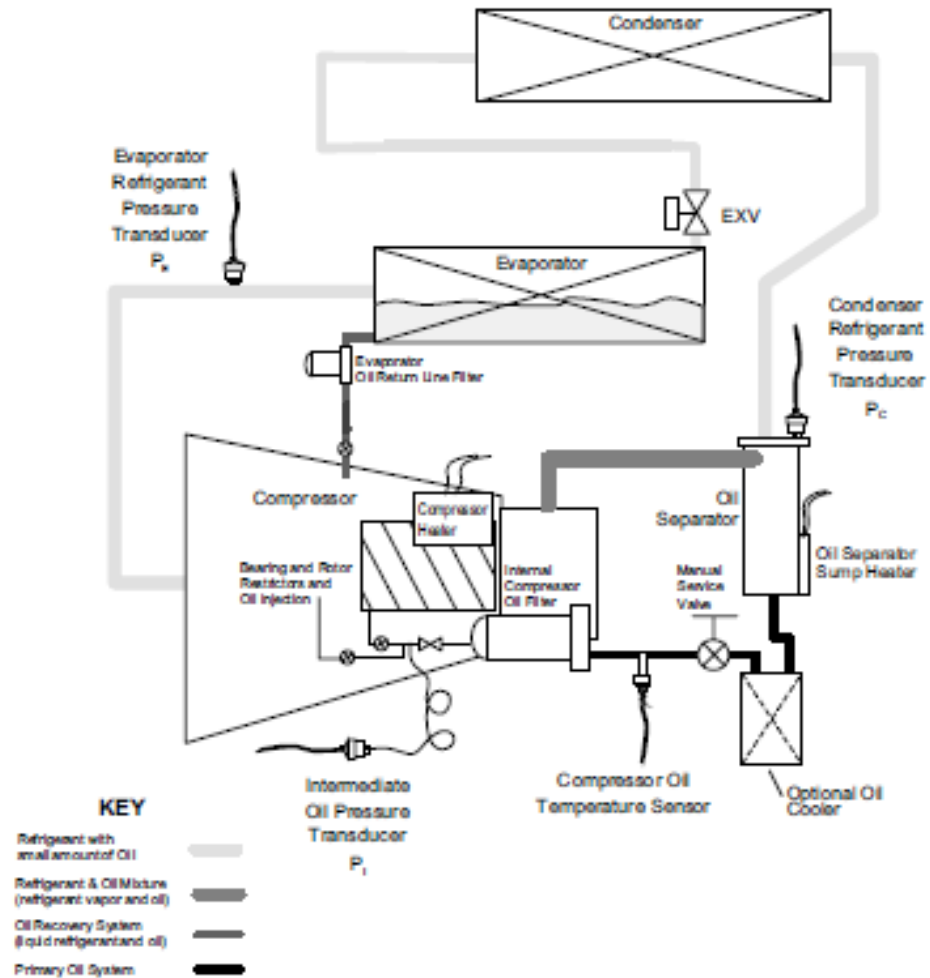


Figura 5. Diagrama del recorrido del aceite

## **5.2. Verificar el procedimiento de mantenimiento aplicado por Nuñez Lezama C.A.**

### **5.2.1. UMAs**

El procedimiento aplicado por la empresa Nuñez Lezama C.A se centra en la satisfacción de los siguientes ítems:

- Limpieza de serpentín.
- Limpieza de flujo cruzado.
- Medición de corriente consumida por el equipo.
- Cumplimiento del circuito de enfriamiento.
- Tiempos de reacción de los sensores.

Cabe destacar que según el modelo del equipo y su capacidad, este puede ameritar cambio y/o limpieza de la correa transmisora de poder, como es en el caso de las UMAs de gran capacidad, las cuales requieren la utilización de un motor que genere los rpm suficientes para que, al ser transmitidos por dicha correa, hagan girar al flujo cruzado cumpliendo así su función.

En cuanto al protocolo que se tiende a utilizar según las directrices de la empresa requiere que se realicen las siguientes fases:

#### **Fase 1**

Herramientas requeridas:

Termómetro, cronometro, Escalera y Tester.

Esta fase hace referencia al chequeo antes de empezar a trabajar en si en la unidad manejadora de agua, es decir determinar su funcionamiento antes de que sea intervenido. Si al equipo se le está realizando una inspección o mantenimiento, es decir no presenta una falla grave en su funcionamiento, el equipo debe encenderse antes de

empezar con cualquier otra acción sobre el mismo, con esto se analiza su funcionamiento y se observa las características que presenta mientras trabaja.

Se analiza las condiciones del termostato y de la unidad de manera externa, esto ayudara a percibir algún sonido que no sea propio del buen funcionamiento de la máquina.

Es necesario destacar que si es un equipo que es visitado por primera vez se debe analizar los puntos de acceso al equipo y la disponibilidad de espacio que se posea para el mantenimiento y las reparaciones del mismo, de esta manera ver la factibilidad en cuanto a espacio de trabajo

### **Fase 2**

Herramientas requeridas:

Juego de destornilladores, Juego de llaves Allen, escalera y llave ajustable.

Luego de que se haya hecho el análisis externo y funcional del equipo se procede a la apertura del mismo, siempre dejando descubierto la zona del serpentín y el flujo cruzado.

Se debe chequear las condiciones de las partes eléctricas del equipo y el estado de los filtros de entrada de aire, como también la condición de suciedad que pueda presentar, esta información permitirá al equipo de logística de Nuñez Lezama C.A coordinar el tiempo que debe pasar entre un mantenimiento y otro.

### **Fase 3**

Herramientas requeridas:

Hidrojet o Matabi, juego de destornilladores, escalera, cuero sintético, teipe y producto químico

En esta fase se entra a la limpieza en sí de los componentes del equipo, según el modelo y la capacidad se determinara si algunos elementos pueden ser removidos para su limpieza. Caso de esto puede ser el flujo cruzado, puesto a que estos requieren una

movilidad mayor a la hora de realizar la limpieza para generar así un trabajo más eficiente.

Si el equipo es de baja capacidad y permite que se pueda remover el flujo cruzado entonces se debe proceder al desmontaje del mismo para su limpieza, mientras que en el caso del serpentín debe ser limpiado directamente en el equipo puesto a que no se puede desconectar ni movilizar.

#### **Fase 4**

Herramientas requeridas:

Cuero sintético, teipe, tester, escalera y juego de destornilladores

Se procede al montaje de las piezas del equipo y al cierre del mismo, es decir colocar sus respectivas tapas para poder realizar el encendido, es necesario denotar que puede ser necesario dejar una tapa abierta que deje acceso a las conexiones del flujo cruzado para que se pueda realizar el chequeo del consumo de corriente que presente el mismo y de esta manera determinar si esta entre los parámetros de consumo especificado en sus ficha técnica y proceder a un mantenimiento correctivo si es el caso, siempre en búsqueda de evitar daños mayores causados por el recalentamiento del circuito eléctrico.

#### **Fase 5**

Herramientas requeridas:

Termómetro, cronometro, escalera y tester.

En esta fase se procede al chequeo del funcionamiento del equipo posterior al mantenimiento, se analizan factores como el tiempo de arranque y frenado del compresor, temperatura de salida del equipo, reacción del sensor de temperatura al trabajar y se verificara que no exista ningún ruido ni comportamiento extraño en el equipo.

Luego de esto se debe generar una nota de servicio la cual debe ser firmada por el técnico de la empresa, por su ayudante y por el cliente; en esta nota se debe especificar el trabajo realizado y cualquier novedad que presente el equipo.

### 5.2.2. Chiller

Nuevamente a causa de la amplitud de sistemas y características que puede presentar un chiller en cuanto a la distribución de los elementos que lo componen se procederá al análisis de un equipo Chiller Trane RTAC de 500 toneladas.

El procedimiento de mantenimiento de la empresa Nuñez Lezama C.A se centra en la satisfacción de los siguientes ítems:

- Inspección visual de las condiciones de los componentes.
- Limpieza externa de los compresores.
- Limpieza del intercambiador de calor tipo tubo y coraza.
- Limpieza y ajuste del circuito lógico.
- Limpieza de los serpentines (internos y externos de ambos circuitos).
- Chequeo de los motores ventiladores.
- Limpieza de los separadores de aceite.
- Limpieza externa del equipo.

#### Fase 1

Herramientas requeridas:

Juego de destornilladores, Juego de llaves Allen, Llaves ajustables y escaleras

Similar al procedimiento aplicado en la unidad manejadora de agua esta fase se centrara en el inspección del comportamiento del Chiller en su arranque, funcionamiento y apagado; se evaluaran aspectos como las temperaturas en los diversos tramos de la tuberías para percibir si existe algún tipo de incongruencia en el ciclo de refrigeración, descartando así obstrucciones en el recorrido; se chequeara el sonido que presente cada uno de los compresores y separadores de aceite como también el funcionamiento de los motores ventiladores.

Usando el Trane Techview en conjunto con la pantalla lógica que posee el chiller, se puede observar las lecturas de los diferentes sensores y traductores de presión en todo el circuito del chiller mostrando así las condiciones de trabajo en cada uno de los puntos del sistema.

Debido a la configuración lógica que posee el chiller este actúa bloqueando diversas funciones de su ciclo, incluso bloquea el sistema completo llevando a una desconexión total en caso que se presente una irregularidad en los valores censados, protegiendo así al equipo de seguir funcionando mientras los parámetros de trabajo se alternan de tal manera que pueda perjudicar algún elemento en el chiller.

## **Fase 2**

Herramientas requeridas:

Hidrojet, producto químico, llaves ajustables, juego de destornilladores y bolsas plásticas

Esta fase comienza con la protección de las conexiones eléctricas de los diferentes instrumentos de lectura que posee el chiller, cabe destacar que pese a que estos están diseñados para estar expuestos a la intemperie no lo están para un contacto directo con agua a una potencia alta como la que es expulsada del hidrojet; las conexiones son cubiertas con las bolsas plásticas de manera que no se pueda filtrar el agua al interior de las mismas.

En los chiller se pueden encontrar los serpentines expuestos, por lo cual el lavado de los mismos se realiza directamente sin tener que realizar la apertura del equipo. Se procede a la limpieza de los serpentines internos y externos de manera frontal con el hidrojet, procurando siempre que el impacto del agua sea perpendicular, para que de esta manera no se generen deformaciones a las aletas del serpentín.

Se realiza la limpieza de las partes externas de los compresores, separadores de aceite, intercambiador de calor de tubo y coraza, ducteria de agua helada y a todo el exterior del equipo.

### Fase 3

Herramientas requeridas:

Brocha, paño, limpia contacto, juego de destornilladores, tester, juego de llaves Allen, soplador e imán.

Esta fase se centra en la limpieza y el mantenimiento de los tableros eléctrico de todo el chiller, esto abarca la zona de los fusibles de los motores ventiladores, el breaker principal del circuito, los fusibles y contactores de los compresores y las tarjetas lógicas correspondiente al circuito en mantenimiento.

Se empieza por el apagado del circuito por el panel de control y se corta la alimentación eléctrica para poder realizar el trabajo de forma segura, luego se apertura las tapas para dejar al descubierto cada uno de los elementos antes mencionados

Para la limpieza de los contactores y fusibles se utiliza el pañito y la brocha, dependiendo del estado en el que se encuentre se puede utilizar algún químico que ayude a remover la suciedad, sin embargo esto requerirá una mayor precaución a la hora de remover dicho químico puesto a que se debe quitar todo para que de esta manera se evite algún tipo de cortocircuito. Posterior a la limpieza de estos elementos se le realiza las mediciones pertinentes con el tester para verificar su funcionamiento.

En la zona de las tarjetas solo se debe utilizar elementos totalmente secos puesto a que el contacto de estos elementos con la humedad puede generar la falla de los mismos a la hora del arranque. Se utiliza la brocha, el pañito, y el soplador para dejar dichas tarjetas sin polvo en su superficie, también se realiza el ajuste de los cables, debido a que pueden perder el apriete a causa de las vibraciones del equipo. Cabe recalcar que en esta zona pueden existir restos de animales que entraron en contacto con las partes eléctricas de alto voltaje.

#### **Fase 4**

Herramientas requeridas:

Llave ajustable, paño, limpia contactos, escalera, tester y juego de destornilladores.

En esta fase se encarga del mantenimiento a los motores ventiladores y se verificara su funcionamiento y consumo.

Se procede a la apertura de las rejillas que dan acceso a ellos y se le realiza una limpieza manual de su superficie con ayuda del paño, luego se hace un chequeo al recorrido eléctrico de los mismos para verificar que se encuentre en buen estado, hecho esto se analiza los conectores de los motores ventiladores utilizando el limpia contacto para procurar aumentar la vida útil de los conectores.

Posterior a esto se le hace el chequeo de continuidad y consumo de los motores ventiladores para determinar si se encuentran entre los parámetros de trabajo.

#### **Fase 5**

Herramientas requeridas:

Laptop con la aplicación Trane TechView.

En esta fase se realiza el encendido total del equipo y se monitorea los valores de operación mediante la aplicación.

Se realiza la conexión de la laptop al chiller por el panel de control, luego de sincronizar ambos elementos se procede al encendido del equipo (esto puede realizarse tanto por la laptop como por el panel de control directamente), luego del arranque se monitorea los valores con la aplicación y se verifica que se encuentre entre los parámetros respectivos de funcionamiento.

Posteriormente se procede con la descarga de los datos de operación del chiller y se realiza un informe que se presentara al departamento correspondiente de la empresa Nuñez Lezama C.A

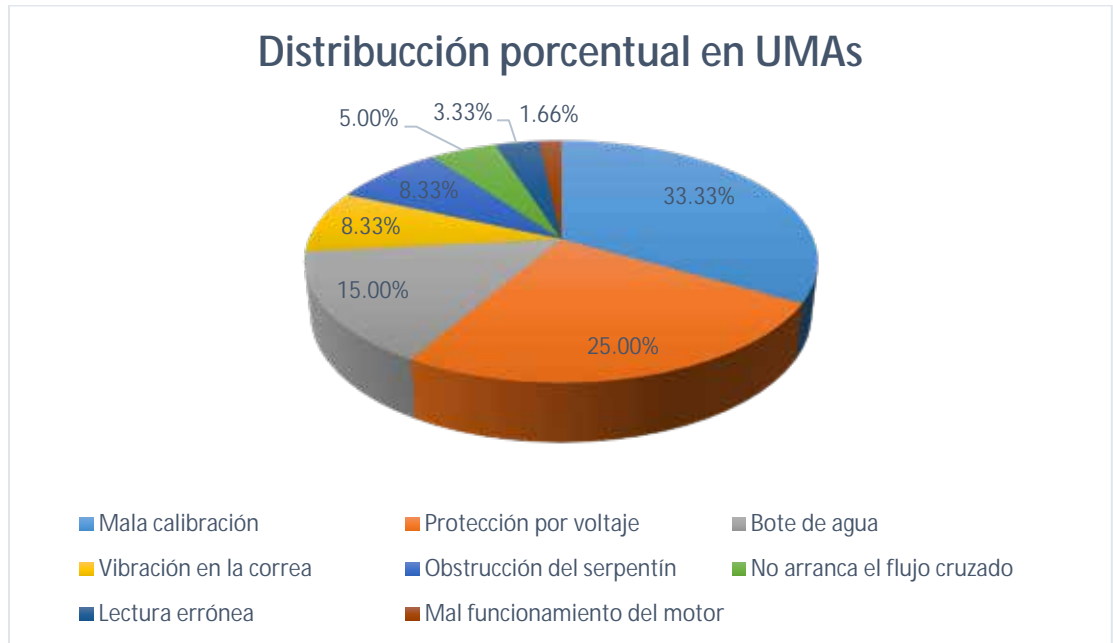
**5.3. Determinar las fallas más comunes en el circuito de refrigeración, sus causas y consecuencias.**

En pláticas con la directiva de la empresa Nuñez Lezama C.A y estudiando los reportes de los trabajos realizados en equipos de funcionamiento con agua helada se determinó que en un periodo trimestral, las fallas y frecuencias de las mismas se encuentran distribuidas de la siguiente forma:

**Tabla 1.** Fallas comunes en UMAs

| UMAs | Falla                        | Frecuencia |
|------|------------------------------|------------|
|      | Mala calibración             | 20         |
|      | Protección por voltaje       | 15         |
|      | Bote de agua                 | 9          |
|      | Vibración en la correa       | 5          |
|      | Obstrucción del serpentín    | 5          |
|      | No arranca el flujo cruzado  | 3          |
|      | Lectura errónea              | 2          |
|      | Mal funcionamiento del motor | 1          |

Quedando estas fallas distribuidas porcentualmente de la siguiente forma:



**Figura 6. Distribución porcentual de las fallas más comunes en UMAs**

En cuanto a las fallas que se presenta en las unidades manejadoras de agua se presentan las siguientes causas y consecuencias de cada una de ellas:

**Mala calibración**

Se refiere a la mala colocación de los valores de setpoint que marcan los parámetros de trabajo del equipo.

*Causas:*

- Personas en el recinto: Muchas veces la mala calibración suele suceder debido a que las personas que utilizan el equipo alteran los parámetros en el termostato por desconocimiento de la manera correcta de uso.
- Termostato averiado: El termostato es el elemento lógico del sistema de UMAs, si esta falla genera que el equipo funcione fuera de calibración.

*Consecuencias:*

- Ciclos irregulares de trabajo: Si el termostato está mal calibrado causa que el equipo se apague a una temperatura no deseada o que nunca apague, haciendo así que el equipo trabaje sin detenerse lo cual disminuye su vida útil.

### **Protección por voltaje**

Se refiere al corte eléctrico realizado por el equipo al presenciar alguna irregularidad con la alimentación eléctrica.

#### *Causas:*

- Poco voltaje: Si el equipo no recibe el voltaje requerido para su funcionamiento puede generar que los componentes no realicen su función o incluso que no arranquen, es por ello que el equipo procede la desconexión y apagado del sistema.
- Alto voltaje: Sucede de igual manera, si el voltaje es muy alto los componentes puede trabajar sobre lo estimado generando así recalentamiento en sus partes al punto de quemarse algunos componentes. Para evitar esto el equipo se protege.
- Alto consumo: Si las partes del sistema han sufrido algún daño puede acarrear que posean un mayor requerimiento de corriente (Amperios), si este valor de consumo se eleva demasiado el equipo se protege para evitar el recalentamiento de las partes eléctricas.

#### *Consecuencias:*

- Apagado del equipo: En pro de la protección del equipo el sistema procede al apagado total del mismo y de esta manera evitar que el funcionamiento alterado genere daños a las piezas eléctricas y mecánicas.
- No enciende el equipo: En algunos casos se tiene un ciclo de protección de cierta cantidad de minutos (Generalmente entre 5-15min) o puede que requiera la activación manual del sistema, es decir se requiere resetear el sistema para que este trabaje nuevamente.

### **Bote de agua**

Se refiere a la presencia de excesiva humedad en las afueras del equipo llegando incluso a condensar en forma de gotas de agua. Los equipos poseen una bandeja en la parte inferior que se encarga de soportar la condensación que se genera en el serpentín al entrar en contacto el aire a temperatura ambiente con las tuberías de agua helada, dicha bandeja tiene una tubería por la cual se descarga por acción de la gravedad.

#### *Causas:*

- **Obstrucción del desagüe de la bandeja:** A causa de diversos factores la tubería de desagüe puede obstruirse por lo cual la condensación que cae del serpentín se acumula en la bandeja hasta que se desborda.
- **Deterioro de la bandeja:** Como todo elemento en presencia de humedad constante, la bandeja puede deteriorarse con el tiempo si no se le realiza el mantenimiento debido.
- **Mal aislamiento de la bandeja:** El agua que cae del serpentín posee una baja temperatura, esta se acumula en la bandeja la cual se encuentra en un área con aire a una temperatura ambiente, es por ello que si la bandeja no está bien aislada puede generar que se condense el aire en la superficie externa por el contacto del metal de la bandeja (Frio) y el aire (Ambiente).
- **Alteración de la caída:** La bandeja debe poseer cierta caída hacia el punto donde se conecta con la tubería de desagüe, si esta caída se ve alterada por alguna razón puede causar que el agua se dirija a otro punto con posible caída de la bandeja.

#### *Consecuencias:*

- **Daño en las zonas aledañas al equipo:** si el equipo genera bote de agua puede deteriorar la zona donde suceda, incluso puede dañar parte de la estructura del edificio.

### **Vibración en la correa**

En los equipos de gran capacidad se requiere de la utilización de un motor que por medio de una correa, transmita la fuerza al flujo cruzado. En ciertos casos estas correas pueden presentar altas vibraciones.

#### *Causas:*

- Mal ajuste: La correa al estar en constante movimiento puede aumentar su longitud por lo cual pierde el ajuste con las poleas.
- Deterioro: El uso constante de la correa y una falta de mantenimiento puede causar el deterioro de la correa.

#### *Consecuencias*

- Sonido en el equipo: la vibración de la correa puede causar que el equipo incremente el ruido al funcionar.
- Vibración en el equipo: La misma vibración que presenta la correa puede ser transmitida por la estructura del equipo.
- Desbalanceo de las poleas: Puede causar un desbalanceo en las poleas que a su vez ayudara a que aumente el deterioro de la correa causando así un ciclo destructivo de ambos elementos.

### **Obstrucción en el serpentín**

Limitación del flujo de aire en el serpentín del evaporador.

#### *Causas*

- Mala ubicación: Al momento de la instalación las personas tienden a ubicar los equipos de tal forma que limitan la entrada del aire al mismo.
- Falta de mantenimiento: Un equipo al cual no se le realice el mantenimiento correspondiente y con la continuidad que amerite según su ubicación y uso, presentara una obstrucción en el serpentín.

#### *Consecuencias:*

- Poco flujo de aire: La obstrucción no permitirá que el aire pueda atravesar el serpentín de manera eficiente y esto causara que la transferencia de calor no se realice de manera adecuada.
- Alto consumo: los elementos del sistema que se ven forzados a trabajar en estas condiciones requieren mayor cantidad de corriente eléctrica pudiendo quemar sus componentes internos.

### **No arranca el flujo cruzado**

Se refiere a la incapacidad del flujo cruzado o turbina de salir de su estado estacionario y empezar a girar a los rpm determinados.

#### *Causas:*

- Está protegido: El flujo cruzado pudo presentar una fluctuación en el voltaje por ende su sistema de protección se activó para evitar daños mayores. La protección puede durar un lapso de tiempo o si se prolonga por más de 20 min puede que requiera un reseteo manual del equipo.
- Embobinado quemado o abierto: El embobinado que realiza el campo magnético se encuentra quemado o abierto lo cual significa que el motor del flujo cruzado esta averiado. Este tipo de daño se verifica con la utilización de un tester.
- Falla en los sensores o en el termostato: Si uno o ambos elementos se encuentra dañado puede causar que el flujo cruzado tenga un funcionamiento fuera de los parámetros de trabajo, entre estos comportamientos resalta la posibilidad de que permanezca inmóvil.
- Rodamientos deteriorados: Los rodamientos pueden perder la capacidad de transmitir el movimiento sin roce lo que genera que se requiera una mayor fuerza por parte del flujo cruzado para su arranque y funcionamiento.

#### *Consecuencias:*

- Caudal de aire nulo: El flujo cruzado es el elemento que genera el caudal de aire y obliga al mismo a pasar a través del serpentín, si este no realiza su función entonces el flujo de aire en todo el evaporador es igual a 0.

### **Lectura errónea**

Las lecturas de sensores y traductores están alterados y no concuerdan con la realidad física del equipo.

#### *Causas:*

- Sensor fuera de lugar: Según el trabajo del equipo y el trato de las personas que lo manipulen, se puede presentar el caso en el que el sensor se haya movido de su cavidad y al estar fuera de dicho sitio provoque una lectura errónea.
- Sensor averiado: Es el caso más común de esta falla, Un sensor averiado presentara una falla constante y marcara valores que están fuera de los patrones lógicos de temperatura.
- Problemas en el cableado: El cableado que conecta los sensores y el termostato pueden tener algún cortocircuito en el recorrido o incluso el cable se encuentra en mal estado.

#### *Consecuencias:*

- Periodos irregulares: El equipo se detiene antes de llegar a la temperatura de confort, sigue trabajando después de llegar a la temperatura deseada y tarda en realizar el arranque.

### **Mal funcionamiento del motor**

El motor y el flujo cruzado presentan sonidos, vibraciones y alto consumo en su funcionamiento.

#### *Causas:*

- Desnivel: El flujo cruzado presenta un desnivel en el eje lo cual hace que al realizar su movimiento rotatorio se genere las vibraciones en el equipo.

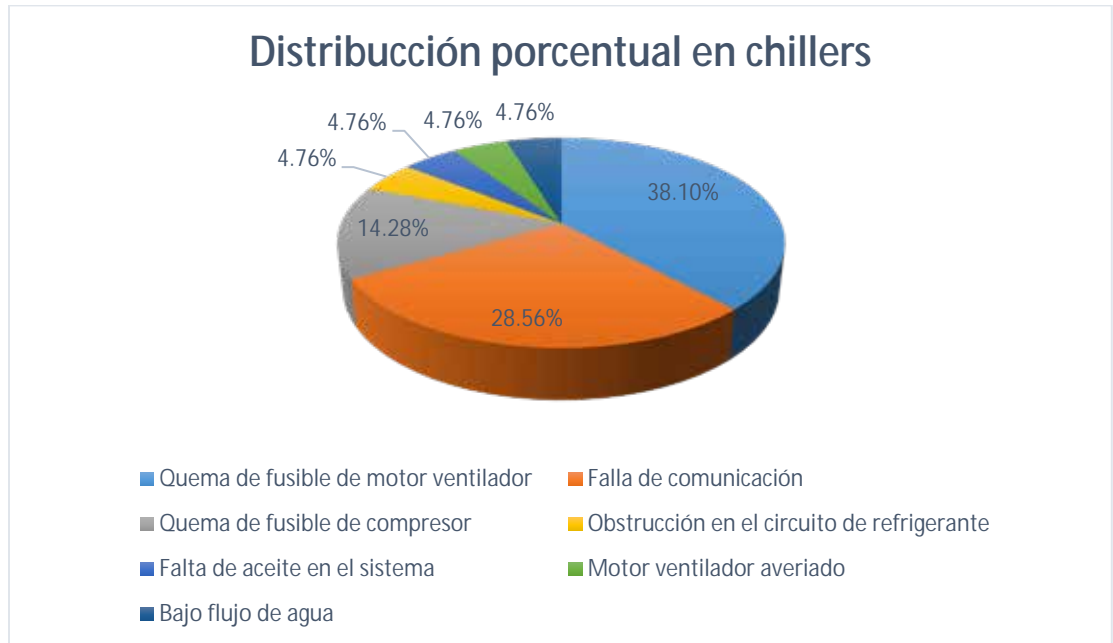
- Rodamientos dañados: Los rodamientos se encuentran en mal estado, por ende generan sonidos, vibraciones y bajan el rendimiento del motor.

*Consecuencias:*

- Fuertes sonidos y vibraciones: El equipo presenta sonidos impropios del buen funcionamiento del mismo, además de vibraciones que se pueden transmitir por la estructura aumentando el alcance y perjudicando a las personas dentro del recinto.
- Avería del motor: Si el mal funcionamiento del motor y del flujo cruzado se prolonga, puede causar la avería total del motor requiriendo una sustitución completa.

**Tabla 2.** Fallas comunes en Chiller

| Chiller                                    |            |
|--|------------|
| Falla                                      | Frecuencia |
| Quema de fusible de motor ventilador       | 8          |
| Falla de comunicación                      | 6          |
| Quema de fusible de compresor              | 3          |
| Obstrucción en el circuito de refrigerante | 1          |
| Falta de aceite en el sistema              | 1          |
| Motor ventilador averiado                  | 1          |
| Bajo flujo de agua                         | 1          |



**Figura 7. Distribución porcentual de las fallas más comunes en Chiller**

Las causas y consecuencias de las fallas más comunes que presenta un chiller en su funcionamiento según la empresa Nuñez Lezama C.A son:

#### **Quema de fusible del motor ventilador**

El o los fusibles que protegen al circuito eléctrico de los motores ventiladores se funden y cortan el paso eléctrico a los motores ventiladores. Cabe recalcar que cada fusible protege a un grupo de motores ventiladores determinados.

#### *Causas:*

- Fluctuaciones eléctricas: Los fusibles ceden para cortar el paso de la electricidad y proteger a los motores de estas fluctuaciones.
- Consumo excesivo: Los motores ventiladores consumen de manera excesiva por lo consecuente los fusibles ceden para evitar el daño de los componentes eléctricos del propio chiller y de los motores ventiladores conectados a la misma línea.

#### *Consecuencias:*

- No arranca parte de los motores ventiladores: Debido a que los fusibles protegen un grupo determinado de motores ventiladores si el fusible cede desconectara al grupo entero.
- Quema de motores ventiladores: Si no se le realiza el cambio correspondiente y se soluciona la problemática que lo causo, las posibilidades de que se averíe un motor ventilador incrementa de gran manera.

### **Falla de comunicación**

Los elementos lógicos del chiller no realizan su proceso de Enviar/recibir de manera correcta e ininterrumpida. Los sensores, traductores y tarjetas lógicas están conectado a través de un sistema de cableado que permite que se realice el intercambio de información durante el funcionamiento del chiller. La información dada por estos se puede visualizar en el panel de control que presentan los equipos.

#### *Causas:*

- Conectores dañados: Los conectores que unen a los sensores, traductores y diferentes tramos del cableado está presentando fallas, esto puede ser por el deterioro de los mismo por el pasar del tiempo o por las condiciones de trabajo se crea una capa de óxido que limita el paso de la información a tal punto que marca una falla de comunicación.
- Sensor o traductor averiado: Si estos elementos se encuentran averiados o desconfigurados pueden presentar fallas a la hora de realizar el envío de datos a la tarjeta lógica.
- Tarjeta averiada: La tarjeta no recibe la información o no la procesa de manera eficiente.

#### *Consecuencias:*

- Apagado constante del chiller: El chiller a tener un sistema de protección de alta rigurosidad realiza un apagado si no logra tener una buena comunicación entre las tarjetas, los sensores y traductores. Esto para evitar trabajar sin tener

un control o medición sobre los valores de presión y temperatura de diversas partes del circuito de refrigeración mientras trabaja el equipo.

### **Quema de fusible del compresor**

Cada compresor es trifásico y consta de 3 fusibles que protegen una línea respectivamente, estos se encargan de la protección de los compresores en caso de que se presente alguna irregularidad eléctrica que pudiera perjudicarlos.

#### *Causas:*

- Aumento del consumo: El compresor aumenta de manera brusca su consumo provocando así que el fusible ceda.
- Fluctuaciones eléctricas: De manera similar a como sucede con los motores ventiladores, si se presenta fuertes fluctuaciones eléctricas el fusible cede para proteger al compresor y sus partes internas.

#### *Consecuencias:*

- No arranca el compresor: Al no tener una alimentación eficiente en sus 3 líneas el compresor no puede operar.

### **Obstrucción en el circuito de refrigerante**

El refrigerante es el fluido principal en el circuito de refrigeración, por ende una obstrucción de este significa la disminución total del rendimiento del equipo. Es por ello que se utilizan filtros especiales para mantener el refrigerante en condiciones de pureza óptimas.

#### *Causas:*

- Filtros tapados: Los filtros puede taparse e impedir el paso eficiente del refrigerante, esto suele suceder posterior a una falla de gran magnitud en un compresor, el cual deja impurezas en el refrigerante que al ser atrapadas por el filtro lo saturan.
- Válvula e expansión averiada: La válvula de expansión no realiza su apertura o cierre de manera eficiente por lo cual genera irregularidades en el fluir del refrigerante a través del circuito.

*Consecuencias:*

- Mal funcionamiento: Al no realizar el circuito de manera eficiente el refrigerante no hace el proceso de expansión y compresión de manera correcta, lo cual reduce el rendimiento del equipo y puede incluso comprometer ciertos componentes del sistema.
- Valores alterados: Los valores de presión se ve alterados debido a que el refrigerante no está realizando su recorrido de manera correcta.

**Falta de aceite en el sistema**

Los 4 compresores de los chiller al ser de tornillos, requieren de una lubricación especial para evitar el desgaste de sus piezas móviles y mecánicas, como también para generar el sello entre las uniones de los tornillos y desplazar al refrigerante en una sola dirección.

*Causas:*

- Fuga en el sistema: El circuito presenta alguna fisura o mal ajuste de sus partes dejando una salida de refrigerante y aceite al ambiente a causa del diferencial de presión.
- Filtro obstruido: Los filtros de aceite se encuentran obstruidos a causa de alguna falla en el sistema que contamina el fluido.

*Consecuencias:*

- Desgaste en los compresores: Los compresores no poseen la lubricación necesaria y empiezan a generar el contacto metálico entre las piezas generando un desgaste de las mismas
- Alto sonido y vibraciones: Los compresores al no trabajar bajo las condiciones de lubricación necesaria generan gran cantidad de sonido y alta vibraciones que son propagadas por la estructura del chiller y puede ser transmitida incluso al edificio.
- Recalentamiento: El sistema empieza a presentar roce y funcionamiento forzado lo cual genera el recalentamiento de los componentes mecánicos.

### **Motor ventilador averiado**

Los motores ventiladores se encargan de forzar el paso de aire por el intercambiador de calor para que el refrigerante pueda disminuir su temperatura y condensarse y poder realizar el ciclo de manera correcta.

#### *Causas:*

- Fluctuación en el voltaje: Si se presenta una fluctuación brusca en la alimentación eléctrica y no se activaron los medios de seguridad y protección propios del chiller como por ejemplo los fusibles, puede generar que los motores ventiladores se vean comprometidos acarreado su avería.
- Motor ventilador trancado: Por la constante presencia altas temperaturas y humedad a los cuales están expuestos los motores ventilador debido a que se encuentran al medio ambiente, pueden deteriorarse algunos de sus componentes generando que se tranque internamente el motor ventilador.
- Altas vibraciones: El equipo presenta fallas en rodamientos, bocinas o algún desnivel en su aspa lo que genera un funcionamiento crítico en el motor ventilador que de no ser tratado a tiempo causa la avería del motor.
- Entes externos: Al estar expuestos a la intemperie, según la ubicación del chiller, puede que los motores ventiladores se encuentre parcialmente desprotegido a elementos solidos que pueden entrar en contacto con el aspa causando que esta se deforme. Cabe destacar que los motores ventiladores poseen una rejilla que los protegen de escombros de cierta dimensiones, sin embargo no están del todo exentos de estos, de igual manera este fenómeno se presenta general mente cuando el equipo se encuentra en una zona donde las personas tienen un alcance de lanzamiento, es decir donde las personas pueden arrojar elementos solidos a los motores ventiladores y al chiller en general.

#### *Consecuencias:*

- Aumento de presión: Al no poder disminuir la temperatura se genera un aumento de presión en el condensador bajando el rendimiento del equipo a tal punto que sea ineficiente en su totalidad.
- Apagado del equipo: Al elevarse la temperatura y presiones en ciertos tramos del circuito del refrigerante el chiller se protege creando un apagado total o parcial (Un solo circuito) del mismo.
- Daños variables: Si la avería del motor ventilador abarca el desprendimiento de un trozo del aspa mientras se encontraba en funcionamiento, puede causar que dicho desprendimiento logre perforar algún otro elemento del chiller a causa de la alta velocidad con la que esta puede desprenderse del motor ventilador. El riesgo más alto es la perforación del serpentín, debido a que generaría una fuga total del refrigerante la contaminación del sistema de tubería e incluso la avería de algunos elementos del chiller como los compresores.

### **Bajo flujo de agua**

El agua es el fluido que transporta el calor desde el recinto para ser absorbido por el circuito de refrigeración propio del chiller, es decir es el medio por el cual se extrae el calor y es enviado al chiller. Debido a su función el agua debe estar siempre en movimiento por lo consecuente un bajo flujo de agua presenta un problema relevante.

#### *Causas:*

- Válvulas cerradas: Con el fin de poder realizar trabajos en los diferentes tramos de la tubería de agua helada y los componentes que se encuentran en el mismo se cuenta con diversas válvulas que permiten el bloqueo del paso del agua para no poseer pérdidas de la misma. Estas válvulas deben estar abiertas para que pueda fluir el líquido de manera correcta.
- Válvulas averiadas: Si la válvula se encuentra averiada bloquea parcial o totalmente el paso del agua limitando su funcionamiento.

- Bombas hidráulicas paradas: Si las bombas hidráulicas que se encargan de mantener el agua helada en constante movimiento están inoperativas o apagadas el flujo de agua será nulo.

*Consecuencias:*

- Bajo rendimiento en las UMAs: Si el agua no circula de manera efectiva por el serpentín de la UMA genera un bajo rendimiento en la misma.
- Variación en las lecturas: Si no fluye bien el agua helada generara lecturas variadas fuera de los rangos determinados por el chiller, lo cual a su vez puede causar que el equipo se proteja y se apague.

#### **5.4. Elaborar el planteamiento de reparación y mantenimiento.**

Mediante reuniones con la directiva de la empresa Nuñez Lezama C.A y con la utilización de manuales de funcionamiento de los equipos se concretó que el manual de mantenimiento y reparaciones básicas en equipos de Chiller y UMAs requiere abarcar los siguientes ítems según el mantenimiento a tratar:

- Mantenimiento preventivo:
  - Inventario de equipos.
  - Ficha técnica y hoja de vida de los equipos.
  - Cronograma de actividades.
  - Intervención de los equipos.
  - Planilla de verificación.
- Mantenimiento correctivo:
  - Informe de detección de falla
  - Informe de reparación
  - Historial de fallas
  - Stock de repuestos

##### **5.4.1. Mantenimiento preventivo**

###### **Inventario de equipos**

Se refiere al análisis de los diversos equipos que se puedan presentar en el área de trabajo, incluyendo la realización de la enumeración de los equipos para poder ubicarlos de manera correcta.

Los equipos deben organizarse en un listado en el cual se muestre las siguientes características del mismo:

- Tipo de equipo.
- Capacidad.
- Formas de acceso.
- Zona de trabajo.
- Zonas a las que alimenta.
- Ubicación del termostato.
- Ubicación del breaker de alimentación
- Placa del equipo.
- Plano eléctrico.
- Identificación particular del equipo.

Con la utilización de esta herramienta se puede conocer la información de cada uno de los equipos de manera fácil y de esta manera los técnicos conocerán de antemano las características del equipo a trabajar. Además con la identificación particular del equipo permitirá la ubicación inmediata de los equipos y poder analizar la hoja de vida del equipo.

### **Ficha técnica y hoja de vida de los equipos**

La ficha técnica es la información que viene por parte de la empresa proveedora de los equipos, los diversos repuestos que pueden ser instalados o sustituidos también poseen una ficha técnica, es decir cada componente del equipo posee una. La función de esta ficha es dar a conocer ciertos aspectos del equipo como también métodos de instalación, método de la conexión eléctrica y diversas características que aportan información valiosa a la hora de realizar el chequeo de las piezas de un equipo.

La hoja de vida por otro lado es un registro total en la cual se debe plasmar toda acción realizada en el equipo, así como también las fallas que pueda presentar. Cada

una de las intervenciones o chequeos que se le realice a los equipos debe estar marcado en la hoja de vida junto a la fecha, hora y nombre del técnico que realizó dicha actividad, cabe destacar que si el técnico estaba siendo acompañado por un ayudante el mismo deberá aparecer también en registro.

Es necesario el cumplimiento estricto tanto de la toma de la ficha técnica como la actualización constante de la hoja de vida, de esta manera se puede poseer un control total del funcionamiento de vida y prever así posibles fallas por desgaste; de igual manera la utilización de gráficas para determinar la posibilidad de que se genere una falla y así evitar que esta suceda es de suma ayuda para no requerir la intervenciones de emergencias o apagados de sistema no programados.

### **Cronograma de actividades**

El cronograma representa una herramienta vital para poder mantener un control correcto y asegurarse del cumplimiento detallado de cada una de las acciones que requiere el equipo. Este cronograma debe tener en cuenta aspectos de trabajo, medio ambiente e instalación; con estos datos se puede garantizar que las intervenciones sean realizadas en el momento idóneo para evitar las fallas y daños en los equipos.

El cronograma de actividades se basa en plasmas las fechas, modo y continuidad de la intervención de diversos elementos de los equipos, aunado a esto la limpieza de los equipos, así como también el cambio de repuestos que pueden presentar desgaste.

### **Intervención de los equipos**

Para el momento de la intervención se debe procurar que sea lo más profunda posible pero también que requiera la menor cantidad de tiempo posible, puesto a que muchas veces se requiere que el equipo vuelva a entrar en funcionamiento puesto a que puede ser el que acondiciona un área importante en el establecimiento.

Para asegurar que este trabajo sea lo más eficiente posible se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Inspección de las condiciones del entorno: Se debe realizar un estudio del entorno en donde se encuentra el equipo instalado, de esta manera se puede

percibir si existe alguna irregularidad en el mismo, como por ejemplo la presencia de una alta cantidad de polvo, humedad y temperatura que afecten de manera negativa el rendimiento del equipo.

- Inspección y limpieza externa del equipo: Se verifica las condiciones externas del equipo asegurando que no exista algún tipo de comportamiento fuera de lo común según las zonas de condensación. Luego se procede a la limpieza externa del equipo incluyendo la carcasa del equipo, parte de la tubería de agua helada. En el caso de los chiller es necesario observar todo el circuito de refrigerante para verificar que no presente ningún tipo de marca que pueda indicar fuga de aceite o refrigerante.

Se debe realizar un chequeo de las partes externas para verificar que no exista ningún tipo de maltrato físico en el equipo, así como también un análisis a la acometida eléctrica que alimenta al equipo.

- Inspección y limpieza interna del equipo: Se realiza un chequeo de las condiciones de trabajo que pueda presentar el equipo, es decir aspectos como el nivel de suciedad, si existe vibraciones excesivas, fuertes sonidos, si están funcionales todas las piezas y si no se está presentando alguna fuga de agua, aceite o refrigerante en el sistema.

En cuanto a la limpieza se debe realizar según las capacidades que pueda presentar el equipo en cuanto a espaciamiento de trabajo y acceso al mismo. Pero siempre procurando la limpieza total del serpentín.

- Lubricación y engrase: Con la especificación que se encuentre en el cronograma se realiza una limpieza, lubricación y engrase de las partes mecánicas que lo ameriten para evitar el desgaste y la necesidad de realizar el reemplazo de dichas piezas o elementos.

- Limpieza y ajuste de las conexiones eléctricas: Se ajustan y verifican cada una de las conexiones presenten en el circuito eléctrico que presente el equipo, en caso de presentar diversos empalmes eléctricos estos se deben

verificar y asilar de manera correcta para evitar un falso contacto o un corto circuito en el sistema. Para los chiller es necesario el chequeo de la acometida eléctrica de comunicación puesto a que en estos se puede presentar suciedad que interrumpa el funcionamiento de los mismo generando asi un falla de comunicación en el equipo.

- Reemplazo de las partes que se ameriten: Las piezas que ameriten cambio según el estudio realizado previamente y lo que indique el cronograma se deberán cambiar y sustituir por una pieza que conste con las mismas características que la anterior.

- Ajuste y calibración: Se debe asegurar que la calibración de las condiciones requeridas por el usuario se encuentren ubicadas en el setpoint del termostato o en el display.

- Pruebas de funcionamiento: verificar que el funcionamiento del equipo sea el indicado y que no presente fallas durante aproximadamente 20 min posterior al arranque, este tiempo es suficiente para determinar que el equipo está funcionando de manera eficiente y cumple con su ciclo de enfriamiento.

### **Planilla de verificación**

La planilla de verificación es un instrumento que marca los valores de trabajo post-intervención del equipo aunado a un informe que indique los trabajos que se le realizaron al equipo.

En la planilla se redactaran las obsevaciones del equipo y cualquier novedad que presente el mismo. Esta planilla debe ser firmada por el técnico y debe poseer la identificación particular del equipo.

En el caso de los chiller con la ayuda de una laptop y el software respectivo de la marca del equipo que se le está realizando, posee un método en el cual se realiza la descarga total de las características de funcionamiento que posee el chiller, este informe técnico debe estar adjunto a la planilla de verificación.

Esta planilla de verificación se entregara al departamento correspondiente en la empresa Nuñez Lezama C.A para que ser introducida en el sistema y en la hoja de vida del equipo correspondiente.

#### **5.4.2. Mantenimiento Correctivo**

##### **Informe de detención de fallas**

El informe de falla tiene como finalidad denotar las condiciones en las que se generó la falla, determinando las características de las mismas y la posible razón de que se generara dicha falla

En este informe se debe incluir los siguientes datos:

- Datos del Cliente.
- Identificación particular del equipo.
- Ubicación
- Falla primaria.
- Fallas secundarias.
- Fecha y hora de la ocurrencia.
- Equipos necesarios para realizar la reparación.
- Repuestos requeridos.
- Intervenciones al equipo posteriores a la falla.

##### **Informe de reparación**

En este informe se debe estar especificado todas las acciones realizadas en el equipo referentes a la reparación de la falla, como también un registro fotográfico que muestre las condiciones de los elementos afectados por dicha falla. La identificación de los elementos sustituidos debe ser tomada y suministrada al departamento correspondiente para que estos sean archivados en las fichas técnicas en el sistema de Nuñez Lezama C.A.

##### **Historial de falla**

Este formato tiene como finalidad presentar datos correspondientes a la falla en general, los datos que deben ser plasmados en el mismo son los siguientes:

- Identificación particular del equipo.

- Fecha de la falla.
- Daños ocurridos en el equipo.
- Posible causa.
- Trabajo de reparación aplicado.
- Resultados obtenidos.

Este historial de falla debe ser archivado junto a la hoja de vida del equipo para que de esta manera se tenga un control de las fallas que ha presentado el mismo.

### **Stock de repuestos**

Para una intervención rápida en caso de una falla es necesario poseer cierta cantidad de repuestos que faciliten esta acción, por ende se recomienda poseer en el almacén de la empresa una gama de los elementos que requieran ser sustituidos de manera más constante. Esta lista de elementos se determina con la inspección de las diversas Hojas de falla que se encuentren presente en el sistema.

### **5.5. Entrega del plan a la empresa Nuñez Lezama C.A para su aprobación.**

Después de realizar la entrega del planteamiento a los directivos de la empresa Nuñez Lezama C.A para que estos pudieran hacer las respectivas sugerencias con relación a la forma explicativa, la redacción y orden de dicho plan, se realizaron las correcciones pertinentes para que el plan cumpliera con los requisitos de la empresa.

Posteriormente se realizó la entrega definitiva del trabajo junto con el documento en el que se establecía la aceptación por parte de los directivos para la aplicación del plan en las labores de la empresa.

El documento de aceptación firmado por parte de la empresa se encuentra en el anexo A

**5.6. Realizar taller explicativo a los empleados de la empresa Nuñez Lezama C.A.**

Para la introducción de los departamentos que intervienen en la elaboración y aplicación de los diferentes elementos que se encuentran relacionados con el plan se realizó la reunión con un representante de los siguientes departamentos:

- Departamento de operaciones.
- Departamento técnico.
- Departamento de sistema

En esta reunión se aclararon ciertas dudas y se explicó el funcionamiento y aporte de cada uno de los departamentos a la hora de la aplicación del plan de trabajo.

La constancia de participación de los departamentos se encuentra en el anexo B

## CONCLUSIONES

En el método de mantenimiento aplicado por la empresa Nuñez Lezama C.A se presentaban las características necesarias para que el equipo tanto chiller como UMA pudiese trabajar de manera eficiente, sin embargo se requería un método que permitiera un seguimiento más preciso de cada uno de los procesos que a estos se refería. Al aplicar el nuevo sistema se toma un control más preciso y detallado de cada uno de los equipos a los cuales la empresa le presta los servicio, permitiendo de esta manera que el seguimiento y los trabajos en si se realicen de una manera más rápida y eficiente.

La aplicación de los diversos informes en el proceso de mantenimiento de los equipos permite que los departamentos correspondientes dentro de la empresa puedan agilizar sus obligaciones y se realice una respuesta más rápida al cliente, de esta manera la atención al cliente se verá mejorada y los técnicos al momento de aplicar el trabajo poseerán previamente un conocimiento claro de los aspectos de instalación, condiciones, espaciamiento y posible causa de la falla del equipo, dejando así que la empresa pueda destinar a diferentes técnicos sin necesidad de que estos consuman tiempo de trabajo analizando estos factores al llegar al recinto donde se realizara la intervención.

El nuevo plan de mantenimiento permite que la información de los trabajos realizados se pueda manejar de manera más sencilla por los departamentos correspondientes y al mantener el registro planteado se puede tener un conocimiento total de equipo y según los parámetros de trabajo se asegura que los técnicos tengan en sus manos una guía que permite cerciorarse de cumplir con todos los requerimientos por parte de la empresa en cuanto a la calidad del trabajo y aspectos que ameritan un análisis detallado.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda a la empresa actualizar su sistema de registro de datos para que se pueda filtrar datos de los equipos de manera más rápida.
- La realización de manuales similares para los equipos de expansión directa para ampliar el sistema de manera que abarque todos los equipos a los que se le realiza mantenimiento.
- Realizar talleres explicativos sobre el manual de forma esporádica para hacer llegar la información a nuevos ingresos de personal.

## BIBLIOGRAFIA

Santana, J. (2011). *Informe de pasantía realizado en la Empresa Trane Servicefirst C.A.* Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela. Consulta: 17/12/17

Moreno, J. (2006). *Elaboración de un plan general de mantenimiento para los equipos de aire acondicionado de las instalaciones del gran casino margarita.* Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela. Consulta: 17/12/18

Granado, J. (2015). *Implementación de un programa de mantenimiento preventivo a unidades manejadoras de aire.* Instituto politécnico nacional ESIME Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, México. Consulta: 22/11/18

Carrier CO. (1992). *Manual de aire acondicionado.* México. Consulta: 15/11/18

Sánchez, J. (2000). *Estudio e implementación de un programa general de mantenimiento de todos los elementos del sistema de aire acondicionado del aeropuerto internacional Santiago Mariño.* Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela. Consulta: 02/01/18

TRANE. (2005). *Control operation, setup and troubleshooting for RTAC and RTHD units with tracer CH530 controls.* Estados Unidos de America. Consulta: 13/12/17

York. (2007). *Air-cooled screw liquid chillers style A.* Estados Unidos de America. Consulta: 13/12/17

Carrier CO. (2009). *Air-cooled liquid chillers.* Estados Unidos de America. Consulta: 13/12/17

Trane American standars inc. (2006). *Series R Air-cooled helical rotary liquid chillers.* Estados Unidos de America. Consulta: 13/12/17

Unidad técnica Ozono. (2004). *Mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado.* Consulta: 15/12/18

# APÉNDICES

## Apéndice I. Información general de un equipo de Chiller Trane modelo RTAC de 500 ton



### General Information

**Table 2** General Data – 275- 500 Ton 60 Hz Units - Standard Efficiency

| Size                                    |                      | 275       | 300       | 350       | 400       | 450       | 500       |
|---|----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Type                                    |                      | STD       | STD       | STD       | STD       | STD       | STD       |
| <b>Compressor</b>                       |                      |           |           |           |           |           |           |
| Quantity                                |                      | 3         | 3         | 3         | 4         | 4         | 4         |
| Nominal Size                            | (tons)               | 85/85     | 100/100   | 120/120   | 100/100   | 120/120   | 120/120   |
|   |                      | 100       | 100       | 100       | 100/100   | 100/100   | 120/120   |
| <b>Evaporator</b>                       |                      |           |           |           |           |           |           |
| Water Storage                           | (gallons)            | 60        | 65        | 70        | 81        | 84        | 89        |
|   | (liters)             | 229       | 245       | 264       | 306       | 316       | 337       |
| Min. Flow                               | (gpm)                | 309       | 339       | 375       | 404       | 422       | 461       |
|   | (l/sec)              | 20        | 21        | 24        | 26        | 27        | 29        |
| Max. Flow                               | (gpm)                | 1134      | 1243      | 1374      | 1483      | 1548      | 1690      |
|   | (l/sec)              | 72        | 78        | 87        | 94        | 98        | 107       |
| <b>Condenser</b>                        |                      |           |           |           |           |           |           |
| Quantity of Coils                       |                      | 8         | 8         | 8         | 8         | 8         | 8         |
| Coil Length                             | (inches)             | 180/108   | 216/108   | 252/108   | 216/216   | 252/216   | 252/252   |
|   | (mm)                 | 4572/2743 | 5486/2743 | 6401/4572 | 5486/5486 | 6401/5486 | 6401/6401 |
| Coil Height                             | (inches)             | 42        | 42        | 42        | 42        | 42        | 42        |
|   | (mm)                 | 1067      | 1067      | 1067      | 1067      | 1067      | 1067      |
| Fins/Ft                                 |                      | 192       | 192       | 192       | 192       | 192       | 192       |
| Number of Rows                          |                      | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         | 3         |
| <b>Condenser Fans</b>                   |                      |           |           |           |           |           |           |
| Quantity                                |                      | 10/6      | 12/6      | 14/6      | 12/12     | 14/12     | 14/14     |
| Diameter                                | (inches)             | 30        | 30        | 30        | 30        | 30        | 30        |
|   | (mm)                 | 762       | 762       | 762       | 762       | 762       | 762       |
| Total Airflow                           | (cfm)                | 147340    | 165766    | 184151    | 221016    | 239456    | 257991    |
|   | (m <sup>3</sup> /hr) | 250307    | 281610    | 312843    | 375471    | 406797    | 438285    |
| Nominal Fan Speed                       | (rpm)                | 1140      | 1140      | 1140      | 1140      | 1140      | 1140      |
|   | (rps)                | 19        | 19        | 19        | 19        | 19        | 19        |
| Tip Speed                               | (ft/min)             | 8954      | 8954      | 8954      | 8954      | 8954      | 8954      |
|   | (m/s)                | 45        | 45        | 45        | 45        | 45        | 45        |
| <b>Min Starting/Oper Ambient</b>        |                      |           |           |           |           |           |           |
| Std Unit                                | (Deg F)              | 25        | 25        | 25        | 25        | 25        | 25        |
|   | (Deg C)              | -3.9      | -3.9      | -3.9      | -3.9      | -3.9      | -3.9      |
| Low Ambient                             | (Deg F)              | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0.0       |
|   | (Deg C)              | -17.8     | -17.8     | -17.8     | -17.8     | -17.8     | -17.8     |
| <b>General Unit</b>                     |                      |           |           |           |           |           |           |
| Refrigerant                             |                      | HFC-134a  | HFC-134a  | HFC-134a  | HFC-134a  | HFC-134a  | HFC-134a  |
| No. of Independent Refrigerant Circuits |                      | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         | 2         |
| % Min. load                             |                      | 15        | 15        | 15        | 15        | 15        | 15        |
| Refrigerant Charge                      | (lb)                 | 365/200   | 415/200   | 460/200   | 415/415   | 460/415   | 460/460   |
|   | (kg)                 | 166/91    | 188/91    | 209/91    | 188/188   | 209/188   | 209/209   |
| Oil Charge                              | (gallons)            | 4.6/2.1   | 5.0/2.1   | 5.0/2.1   | 5.0/5.0   | 5.0/5.0   | 5.0/5.0   |
|   | (liters)             | 17.4/8    | 19/8      | 19/8      | 19/19     | 19/19     | 19/19     |
| Base Length                             | (feet)               | 30        | 36        | 36        | 39        | 45        | 45        |

1. Data containing information on two circuits shown as follows: CKT1/CKT 2.  
2. Minimum start-up/operating ambient based on a 5 mph wind across the condenser.



## Apéndice III. Data eléctrica de chiller Trane RTAC de 500 ton



### Installation - Electrical

**Table 17 Unit Electrical Data for Std. Efficiency at All Ambient Operation**

| Unit Size       | Rated Voltage | # of Power Conns (1) | Unit Wiring          |  |   | Motor Data        |                      |                       |                       |                |     |     |                |  |  |  |
|-----------------|---------------|----------------------|----------------------|--|---|-------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|-----|-----|----------------|--|--|--|
|                 |               |                      | MCA (3)<br>Ckt1/Ckt2 | Max. Fuse, HACR Breaker or MOP (11)<br>Ckt1/Ckt2 | Rec. Time Delay or RDE (4)<br>Ckt1/Ckt2 | Compressor (Each) |                      |                       | Fans (Each)           |                |     |     |                |  |  |  |
|                 |               |                      |                      |  |   | Qty               | RLA (5)<br>Ckt1/Ckt2 | XLRA (8)<br>Ckt1/Ckt2 | YLRA (8)<br>Ckt1/Ckt2 | Qty, Ckt1/Ckt2 | kW  | FLA | Control VA (7) |  |  |  |
| <b>RTAC 450</b> | 200/60/3      | 1                    | NA                   |  |   |                   |                      |                       |                       |                |     |     |                |  |  |  |
|                 | 200/60/3      | 2                    | 1124/947             | 1200/1200  | 1200/1200                               | 4                 | 458/458/386/386      | 2525/2525/2156/2156   | 821/821/701/701       | 14/12          | 1.5 | 6.5 | 1.58           |  |  |  |
|                 | 230/60/3      | 1                    | NA                   |  |   |                   |                      |                       |                       |                |     |     |                |  |  |  |
|                 | 230/60/3      | 2                    | 989/834              | 1200/1000  | 1200/1000                               | 4                 | 399/399/336/336      | 2126/2126/1756/1756   | 691/691/571/571       | 14/12          | 1.5 | 6.5 | 1.58           |  |  |  |
|                 | 380/60/3      | 1                    | NA                   |  |   |                   |                      |                       |                       |                |     |     |                |  |  |  |
|                 | 380/60/3      | 2                    | 594/499              | 800/700  | 700/600                                 | 4                 | 242/242/203/203      | 1306/1306/1060/1060   | 424/424/346/346       | 14/12          | 1.5 | 3.5 | 1.58           |  |  |  |
|                 | 460/60/3      | 1                    | 864                  | 1000   | 1000                                    | 4                 | 200-200-168-168      | 1065-1065-878-878     | 346-346-285-285       | 26             | 1.5 | 3.0 | 1.58           |  |  |  |
|                 | 460/60/3      | 2                    | 492/414              | 600/500  | 600/500                                 | 4                 | 200/200/168/168      | 1065/1065/878/878     | 346/346/285/285       | 14/12          | 1.5 | 3.0 | 1.58           |  |  |  |
|                 | 575/60/3      | 1                    | 693                  | 800  | 800                                     | 4                 | 160-160-134-134      | 863-863-705-705       | 277-277-229-229       | 26             | 1.5 | 2.5 | 1.58           |  |  |  |
|                 | 575/60/3      | 2                    | 395/332              | 500/450  | 450/400                                 | 4                 | 160/160/134/134      | 863/863/705/705       | 277/277/229/229       | 14/12          | 1.5 | 2.5 | 1.58           |  |  |  |
| <b>RTAC 500</b> | 200/60/3      | 1                    | NA                   |  |   |                   |                      |                       |                       |                |     |     |                |  |  |  |
|                 | 200/60/3      | 2                    | 1124/1124            | 1200/1200  | 1200/1200                               | 4                 | 458/458/458/458      | 2525/2525/2525/2525   | 821/821/821/821       | 14/14          | 1.5 | 6.5 | 1.58           |  |  |  |
|                 | 230/60/3      | 1                    | NA                   |  |   |                   |                      |                       |                       |                |     |     |                |  |  |  |
|                 | 230/60/3      | 2                    | 989/989              | 1200/1200  | 1200/1200                               | 4                 | 399/399/399/399      | 2126/2126/2126/2126   | 691/691/691/691       | 14/14          | 1.5 | 6.5 | 1.58           |  |  |  |
|                 | 380/60/3      | 1                    | NA                   |  |   |                   |                      |                       |                       |                |     |     |                |  |  |  |
|                 | 380/60/3      | 2                    | 594/594              | 800/800  | 700/700                                 | 4                 | 242/242/242/242      | 1306/1306/1306/1306   | 424/424/424/424       | 14/14          | 1.5 | 3.5 | 1.58           |  |  |  |
|                 | 460/60/3      | 1                    | 929                  | 1000   | 1000                                    | 4                 | 200-200-200-200      | 1065-1065-1065-1065   | 346-346-346-346       | 28             | 1.5 | 3.0 | 1.58           |  |  |  |
|                 | 460/60/3      | 2                    | 490/490              | 600/600  | 600/600                                 | 4                 | 200/200/200/200      | 1065/1065/1065/1065   | 346/346/346/346       | 14/14          | 1.5 | 3.0 | 1.58           |  |  |  |
|                 | 575/60/3      | 1                    | 745                  | 800  | 800                                     | 4                 | 160-160-160-160      | 863-863-863-863       | 277-277-277-277       | 28             | 1.5 | 2.5 | 1.58           |  |  |  |
|                 | 575/60/3      | 2                    | 393/393              | 500/500  | 450/450                                 | 4                 | 160/160/160/160      | 863/863/863/863       | 277/277/277/277       | 14/14          | 1.5 | 2.5 | 1.58           |  |  |  |

**Notes:**

- As standard, 140-250 ton (60 Hz) units and 140-200 ton (50Hz) units have a single point power connection. Optional dual point power connections are available. As standard, 275-500 ton (60Hz) units and 250-400 ton (50Hz) units have dual point power connections. Optional single point power connections are available on 380V, 460V 575V/50 Hz and 400V/50 Hz units.
- Max Fuse or HACR type breaker = 225 percent of the largest compressor RLA plus 100 percent of the second compressor RLA, plus the sum of the condenser fan FLA per NEC 440.22. (Use FLA per circuit, NOT FLA for the entire unit).
- MCA - Minimum Circuit Ampacity - 125 percent of largest compressor RLA plus 100 percent of the second compressor RLA plus the sum of the condenser fans FLAs per NEC 440.33.
- RECOMMENDED TIME DELAY OR DUAL ELEMENT (RDE) FUSE SIZE: 150 percent of the largest compressor RLA plus 100 percent of the second compressor RLA and the sum of the condenser fan FLAs.
- RLA - Rated Load Amps - rated in accordance with UL Standard 1995.
- Local codes may take precedence.
- Control VA includes operational controls only. Does not include evaporator heaters.
- XLRA - Locked Rotor Amps - based on full winding (x-line) start units. YLRA for wya-delta starters is ~1/3 of LRA of x-line units.
- Voltage Utilization Range:  

|               |          |          |          |          |          |          |
|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Rated Voltage | 200/60/3 | 230/60/3 | 380/60/3 | 460/60/3 | 575/60/3 | 400/50/3 |
| Use Range     | 180-220  | 208-254  | 342-418  | 414-506  | 516-633  | 360-440  |
- A separate 115/60/1, 20 amp or 220/50/1, 15 amp customer provided power connection is required to power the evaporator heaters (1640 watts).
- If factory circuit breakers are supplied with the chiller, then these values represent Maximum Overcurrent Protection (MOP).

## Apéndice IV. Diagnósticos de falla en chiller Trane RTAC de 500ton



### Diagnosics

| Hex Code | Diagnostic Name and Source  | Severity     | Persistence | Criteria   | Reset Level |
|----------|---|--------------|-------------|--|-------------|
| 69F      | Comm Loss: Evap Oil Return Valve, Cprsr 2B                            | Normal       | Latch       | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Ramota      |
| 6E4      | Comm Loss: Evaporator Entering Water Temperature                      | Special Mode | Latch       | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Ramota      |
| 6E3      | Comm Loss: Evaporator Leaving Water Temperature                       | Normal       | Latch       | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Ramota      |
| 6BB      | Comm Loss: Evaporator Rfght Drain Valve - Ckt 1                       | Normal       | Latch       | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Ramota      |
| 6BC      | Comm Loss: Evaporator Rfght Drain Valve - Ckt 2                       | Normal       | Latch       | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Ramota      |
| 688      | Comm Loss: Evaporator Rfght Liquid Level, Circuit #1                  | Immediate    | Latch       | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Ramota      |
| 689      | Comm Loss: Evaporator Rfght Liquid Level, Circuit #2                  | Immediate    | Latch       | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Ramota      |
| 6F0      | Comm Loss: Evaporator Rfght Pressure, Circuit #1                      | Immediate    | Latch       | Continual loss of communication between the MP and the Functional ID has occurred for a 30 second period. Note: This diagnostic is replaced by diagnostic 6FB below with Rav 15.0  | Ramota      |
| 6F1      | Comm Loss: Evaporator Rfght Pressure, Circuit #2                      | Immediate    | Latch       | Continual loss of communication between the MP and the Functional ID has occurred for a 30 second period. Note: This diagnostic is replaced by diagnostic 6FD below with Rav 15.0  | Ramota      |
| 6F8      | Comm Loss: Evaporator Water Pump Control                              | Normal       | Latch       | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Ramota      |
| 6DD      | Comm Loss: External Auto/ Stop  | Normal       | Latch       | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Ramota      |
| 6E9      | Comm Loss: External Chilled Water Setpoint                            | Special Mode | NonLatch    | Continual loss of communication between the MP and the Functional ID has occurred for a 30 second period. Chiller shall discontinue use of the External Chilled Water Setpoint source and revert to the next higher priority for setpoint arbitration        | Ramota      |
| 6DF      | Comm Loss: External Circuit Lockout, Circuit #1                       | Special Mode | Latch       | Continual loss of communication between the MP and the Functional ID has occurred for a 30 second period. MP will nonvolatily hold the lockout state (enabled or disabled) that was in effect at the time of comm loss.                                      | Ramota      |
| 6E0      | Comm Loss: External Circuit Lockout, Circuit #2                       | Special Mode | Latch       | Same as Comm Loss: External Circuit Lockout, Circuit #1  | Ramota      |
| 6EA      | Comm Loss: External Current Limit Setpoint                            | Special Mode | NonLatch    | Continual loss of communication between the MP and the Functional ID has occurred for a 30 second period. Chiller shall discontinue use of the External Current limit setpoint and revert to the next higher priority for Current Limit setpoint arbitration | Ramota      |
| 680      | Comm Loss: Fan Control Circuit #1, Stage #1                           | Normal       | Latch       | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Ramota      |
| 681      | Comm Loss: Fan Control Circuit #1, Stage #2                           | Normal       | Latch       | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Ramota      |
| 682      | Comm Loss: Fan Control Circuit #1, Stage #3                           | Normal       | Latch       | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Ramota      |
| 683      | Comm Loss: Fan Control Circuit #1, Stage #4                           | Normal       | Latch       | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Ramota      |
| 684      | Comm Loss: Fan Control Circuit #2, Stage #1                           | Normal       | Latch       | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Ramota      |
| 685      | Comm Loss: Fan Control Circuit #2, Stage #2                           | Normal       | Latch       | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Ramota      |
| 686      | Comm Loss: Fan Control Circuit #2, Stage #3                           | Normal       | Latch       | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Ramota      |
| 687      | Comm Loss: Fan Control Circuit #2, Stage #4                           | Normal       | Latch       | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Ramota      |
| 68C      | Comm Loss: Fan Inverter Fault, Circuit #1 or Circuit #1, Drive 1      | Special Mode | Latch       | Continual loss of communication between the MP and the Functional ID has occurred for a 30 second period. Operate the remaining fans as fixed speed fan deck.  | Ramota      |
| 68D      | Comm Loss: Fan Inverter Fault, Circuit #1, Drive 2                    | Special Mode | Latch       | Same as Comm Loss: Fan Inverter Fault, Circuit #1 or Circuit #1, Drive 1   | Ramota      |
| 69A      | Comm Loss: Fan Inverter Fault, Circuit #2 or Circuit #2, Drive 1      | Special Mode | Latch       | Same as Comm Loss: Fan Inverter Fault, Circuit #1 or Circuit #1, Drive 1   | Ramota      |
| 69B      | Comm Loss: Fan Inverter Fault, Circuit #2, Drive 2                    | Special Mode | Latch       | Same as Comm Loss: Fan Inverter Fault, Circuit #1 or Circuit #1, Drive 1   | Ramota      |
| 68A      | Comm Loss: Fan Inverter Power, Circuit #1 or Circuit #1 Drive 1 and 2 | Normal       | Latch       | Same as Comm Loss: Fan Inverter Fault, Circuit #1 or Circuit #1, Drive 1   | Ramota      |

## Apendice IV. (Continuacion)



### Diagnostics

| Hex Code | Diagnostic Name and Source  | Seventy      | Persis-tence | Criteria   | Reset Level |
|----------|---|--------------|--------------|--|-------------|
| 69B      | Comm Loss: Fan Inverter Power, Circuit #2 or Circuit #2 Drive 1 and 2         | Normal       | Latch        | Same as Comm Loss: Fan Inverter Fault, Circuit #1 or Circuit #1, Drive 1   | Remote      |
| 68B      | Comm Loss: Fan Inverter Speed Command, Circuit #1 or Circuit #1 Drive 1 and 2 | Special Mode | Latch        | Same as Comm Loss: Fan Inverter Fault, Circuit #1 or Circuit #1, Drive 1   | Remote      |
| 699      | Comm Loss: Fan Inverter Speed Command, Circuit #2 or Circuit #2 Drive 1 and 2 | Special Mode | Latch        | Same as Comm Loss: Fan Inverter Fault, Circuit #1 or Circuit #1, Drive 1   | Remote      |
| 5D9      | Comm Loss: Female Step Load Compressor 1A                                     | Normal       | Latch        | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Remote      |
| 5DA      | Comm Loss: Female Step Load Compressor 1B                                     | Normal       | Latch        | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Remote      |
| 5DB      | Comm Loss: Female Step Load Compressor 2A                                     | Normal       | Latch        | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Remote      |
| 5DC      | Comm Loss: Female Step Load Compressor 2B                                     | Normal       | Latch        | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Remote      |
| 5EB      | Comm Loss: High Pressure Cutout Switch, Cprsr 1A                              | Immediate    | Latch        | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Remote      |
| 5EC      | Comm Loss: High Pressure Cutout Switch, Cprsr 1B                              | Immediate    | Latch        | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Remote      |
| 5ED      | Comm Loss: High Pressure Cutout Switch, Cprsr 2A                              | Immediate    | Latch        | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Remote      |
| 5EE      | Comm Loss: High Pressure Cutout Switch, Cprsr 2B                              | Immediate    | Latch        | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Remote      |
| 5E1      | Comm Loss: Ice-Machine Control  | Special Mode | Latch        | Continual loss of communication between the MP and the Functional ID has occurred for a 30 second period. Chiller shall revert to normal (non-ice building) mode regardless of last state. | Remote      |
| 5FA      | Comm Loss: Ice-Making Status  | Special Mode | Latch        | Same as Comm Loss: Ice-Machine Control   | Remote      |
| 5F4      | Comm Loss: Intermediate Oil Pressure, Cprsr 1A                                | Immediate    | Latch        | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Remote      |
| 5F5      | Comm Loss: Intermediate Oil Pressure, Cprsr 1B                                | Immediate    | Latch        | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Remote      |
| 5F6      | Comm Loss: Intermediate Oil Pressure, Cprsr 2A                                | Immediate    | Latch        | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Remote      |
| 5F7      | Comm Loss: Intermediate Oil Pressure, Cprsr 2B                                | Immediate    | Latch        | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Remote      |
| 69D      | Comm Loss: Local BIAS Interface   | Special Mode | Latch        | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Remote      |
| 5D2      | Comm Loss: Male Port Load Compressor 1A                                       | Normal       | Latch        | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Remote      |
| 5D4      | Comm Loss: Male Port Load Compressor 1B                                       | Normal       | Latch        | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Remote      |
| 5D6      | Comm Loss: Male Port Load Compressor 2A                                       | Normal       | Latch        | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Remote      |
| 5D8      | Comm Loss: Male Port Load Compressor 2B                                       | Normal       | Latch        | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Remote      |
| 5D1      | Comm Loss: Male Port Unload Compressor 1A                                     | Normal       | Latch        | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Remote      |
| 5D3      | Comm Loss: Male Port Unload Compressor 1B                                     | Normal       | Latch        | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Remote      |
| 5D5      | Comm Loss: Male Port Unload Compressor 2A                                     | Normal       | Latch        | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Remote      |
| 5D7      | Comm Loss: Male Port Unload Compressor 2B                                     | Normal       | Latch        | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Remote      |
| 5E5      | Comm Loss: Oil Temperature, Circuit #1 or Cprsr 1A                            | Normal       | Latch        | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Remote      |
| 5E6      | Comm Loss: Oil Temperature, Circuit #2 or Cprsr 2A                            | Normal       | Latch        | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Remote      |
| 696      | Comm Loss: Oil Temperature, Cprsr 1B  | Normal       | Latch        | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Remote      |
| 697      | Comm Loss: Oil Temperature, Cprsr 2B  | Normal       | Latch        | Same as Comm Loss: Chilled Water Flow Switch   | Remote      |

# ANEXOS

**Anexo A.**

Valencia, a los cinco días del mes de marzo del año 2018.

**A QUIEN PUEDA INTERESAR**

A la fecha de su presentación, por medio del presente documento se hace constar el cumplimiento efectivo de la entrega en físico del manual para el mantenimiento en acondicionadores de aire de tipo Chifler y UMAs elaborado por el Pasante Franger Adolfo Nuñez Valero titular de la Cedula de Identidad N° V 24.642.910 al cual se otorga con los requisitos por la Empresa Nuñez Lezama C.A. en cuanto a calidad y eficiencia.

**Núñez Lezama C.A.**  
RIF: J-3181948-0

*[Firma manuscrita]*  
Gerente General

69

**Anexo B.**

Valencia, a los cinco días del mes de marzo del año 2018.

**A QUIEN PUEDA INTERESAR**

A la fecha de su presentación, por medio del presente documento se hace constar el cumplimiento efectivo del taller explicativo dictado por el Paciente Frangor Adolfo Nuñez Valero titular de la Cedula de Identidad N° V-24.643.910 del Manual para el mantenimiento en acondicionadores de aire de tipo Chiller y UMAs y el cual conto con la participación de los departamentos de sistema, operaciones y técnico de la Empresa Nuñez Lezama. C.A.

  
Departamento de Operaciones

  
Departamento de Sistemas

  
Núñez Lezama C.A.  
RIF: J-31619140-0  
Departamento Técnico