

**GESTION DEL MANTENIMIENTO Y CALCULO DE EFICIENCIA ENERGETICA  
DEL CICLO SIMPLE POR COMPRESION DE AMONIACO PARA LA  
FABRICACION DE BLOQUES DE HIELO DE LA EMPRESA INVERSIONES  
PAIMANA.**

**DAVID ENRIQUE FRANCO CEDRON.**

**Cod. T00015272**

**LUIS EDUARDO ESCUDERO FERNANDEZ.**

**Cod.T00013561**

**DIRECTOR**

**BIENVENIDO SARRIA LOPEZ**

**PhD., MSc., ME.**

**MONOGRAFÍA PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TITULO DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR  
FACULTAD DE INGENIERÍAS MECÁNICA Y MECATRÓNICA  
CARTAGENA DE INDIAS D. T. Y C.**

**2009**

**REGLAMENTO ACADÉMICO  
(ARTICULO 107)**

La Tecnológica de Bolívar institución universitaria, se reserva el derecho de propiedad intelectual de todo los trabajos de grado aprobados, los cuales no pueden ser explotados comercialmente sin autorización.

Cartagena, Agosto 26 de 2009

Señores.  
Comité de Revisión de Monografía  
Universidad Tecnológica de Bolívar

Apreciados Señores

Por medio de la presente me permito informarles que la monografía titulada ***GESTION DEL MANTENIMIENTO Y CALCULO DE EFICIENCIA ENERGETICA DEL CICLO SIMPLE POR COMPRESION DE AMONIACO PARA LA FABRICACION DE BLOQUES DE HIELO DE LA EMPRESA INVERSIONES PAIMANA.***

Ha sido desarrollada de acuerdo a los objetivos establecidos.

Como director considero que el trabajo es satisfactorio y amerita ser presentado para su evaluación.

Atte.

---

**BIENVENIDO SARRIA LÓPEZ**  
**PhD., MSc., ME.**

## AUTORIZACIÓN

Cartagena D. T y C

Yo **DAVID ENRIQUE FRANCO CEDRON**, identificado con la cédula de ciudadanía numero 73.007.258 de Cartagena, Autorizo a la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR**, para hacer uso de mi trabajo de grado y publicarlo en la pagina/ Online de la Biblioteca.

---

David Franco Cedrón  
C.C: 73.007.258 de Cartagena

## AUTORIZACIÓN

Cartagena D. T y C

Yo **LUIS EDUARDO ESCUDERO FERNÁNDEZ**, identificado con la cédula de ciudadanía numero 73.192.931 de Cartagena, Autorizo a la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR**, para hacer uso de mi trabajo de grado y publicarlo en la pagina/ Online de la Biblioteca.

---

Luis Eduardo Escudero Fernández  
C.C: 73.192.931 de Cartagena

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

**Presidente del Jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

**Cartagena de Indias D.T. y C., 26 agosto de 2009**

## **Agradecimientos**

*Agradezco a mi familia por todo el apoyo que me dieron, a mis padres y al profesor Bienvenido Sarria por el conocimiento y la dedicación que nos brinda todo este tiempo.*

*A Víctor Polo jefe de operaciones de Inversiones Paimana quiero agradecerle por todo el tiempo que nos dedico y por haberme colaborado tan incondicionalmente.*

*David Franco Cedrón*

## Agradecimiento

*Agradezco a Dios y a mis padres por todo  
Su apoyo incondicional, a mi esposa por  
comprenderme cada día ,a mis abuelos  
por su palabras de aliento y a mis  
hermanos por su ayuda en los momentos  
de dificultad y al profesor Bienvenido  
Sarria por los conocimiento y aclararnos  
todas las dudas que se nos presentaron.*

*Y a un amigo tan especial. Víctor Polo por  
dedicarnos unos instantes de su tiempo,  
en la búsqueda de información de la  
empresa.*

Luis Eduardo Escudero Fernández.

## **TABLA CONTENIDO**

### **INTRODUCCION**

BREVE DESCRIPCION DEL PROBLEMA

OBJETIVOS GENERALES

OBJETIVOS ESPECIFICOS

### **GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

MISIÓN Y VISIÓN

ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

UBICACIÓN

ORGANIGRAMA DE PRODUCCIÓN

ESQUEMA GENERAL DE LA PLANTA

### **SECCION I REVISION BIBLIOGRAFICA**

#### **1. MANTENIMIENTO**

**1.1** ESTADO ACTUAL DEL MANTENIMIENTO

**1.2** TIPOS DE MANTENIMIENTOS

1.2.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

1.2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

1.2.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO

**1.3** GESTION DE MANTENIMIENTO

- 1.4 MANTENIMIENTO Y EFICIENCIA ENERGETICA
- 2. GENERALIDADES DEL PROCESO DE REFRIGERACION**
- 2.1 HISTORIA REFRIGERACION
- 2.2 REFRIGERACION INDUSTRIAL
- 2.3 EQUIPOS EN REFRIGERACION
- 2.4 REFRIGERACION Y AMONIACO
- 2.5 PRODUCCION DE HIELO EN BLOQUE
- 2.6 SALMUERA COMO SEGUNDO REFRIGERANTE
- 2.7 INDICADORES DEL SISTEMA SIMPLE DE REFRIGERACION POR COMPRESION.

5.2.1 Diagrama p-h

5.2.1 Efecto refrigerante

5.4.3 Trabajo del compresor

5.4.4 Calor rechazado

5.4.5 Carga de enfriamiento

5.4.6 Coeficiente de desempeño (COP)

## **SECCION II MANTENIMIENTO**

- 3. MANTENIMIENTO ACTUAL EN LA PLANTA**
- 3.1 INDICADORES DE MANTENIEMIETNO
- 3.1.1 Políticas de mantenimiento
- 3.1.2 Historial de mantenimiento

3.1.3 Registro de equipos

3.1.4 Codificación

3.1.4 Mantenimiento programado

#### **4. PROPUESTA GENERAL DE MANTENIMIENTO EN INVERSIONES PAIMANA.**

**4.1** LISTADO DE LOS EQUIPOS DE LA EMPRESA

**4.2** PROPUESTA DE CODIFICACION DE EQUIPOS

**4.3** PROPUESTA DE FICHA TECNICA Y RECOMENDACIONES DE  
MANTENIMEINTO DE EQUIPOS CRITICOS.

**4.4** PROPUESTA DE MANTENIMIENTO DE MOTORES ELECTRICOS

4.4.1 Limpieza

4.4.2 Revisión parcial

4.4.3 Revisión completa

4.4.4 Recomendaciones de mantenimiento

**4.5** PROPUESTA DE SEGURIDAD EN LA OPERACIÓN DE AMONIACO

4.5.1 Mangueras de descarga

4.5.2 Operación de válvulas

### **SECCION III REFRIGERACION**

#### **5. CALCULOS DEL PROCESO DE COMPRESION DE AMONIACO**

##### **PARA PRODUCCION DE HIELO**

##### **5.1 PLANO DE LOS SISTEMAS DE REFRIGERACION**

##### **5.2 CALCULO INDICADORES**

##### **5.3 COSTO OPERACIONAL**

#### **6. CONCLUSIONES**

#### **7. RECOMENDACIONES**

#### **8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

#### **9. ANEXO**

## LISTA DE GRAFICOS

<b>Figura 1.</b> Foto ubicación de la empresa.....	22
<b>Figura 2.</b> Foto empresa INVERSIONES PAIMANA.....	24
<b>Figura 3.</b> Esquema general de la planta.....	25
<b>Figura 4.</b> Flujo de mantenimiento.....	36
<b>Figura 5.</b> Esfuerzo de mantenimiento.....	42
<b>Figura 6.</b> Proceso refrigerante.....	49
<b>Figura 7.</b> Compresor de pistón en sistema de refrigeración.....	51
<b>Figura 8.</b> Condensador enfriado por agua.....	52
<b>Figura 9.</b> Válvula de expansión.....	53
<b>Figura 10.</b> Diagrama presión-entalpía.....	58
<b>Figura 11.</b> Compresor tornillo.....	72
<b>Figura 12.</b> Compresor de pistón.....	75
<b>Figuras 13 Y 14.</b> Foto condensadores.....	78 y 80.

<b>Figura 15.</b> Agitadores de salmuera.....	84
<b>Figura 16.</b> Chiller.....	86
<b>Figura 17.</b> Tanque NH3.....	89
<b>Figura 18.</b> Bomba alimentación.....	91
<b>Figura 19.</b> Ciclo de refrigeración sistema #1.....	99
<b>Figura 20.</b> Ciclo de refrigeración sistema #2.....	100
<b>Figura 21.</b> Plano refrigeración sistema 1 y 2.....	101
<b>Figura 22.</b> Diagrama p-h sistema #1.....	107
<b>Figura 23.</b> Diagrama p-h sistema #2.....	108
<b>Figura 24.</b> Diagrama p-h del refrigerante 717.....	116

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Evolución histórica.....	28
<b>Tabla 2.</b> Mantenimiento preventivo.....	37
<b>Tabla 3.</b> Listado de equipos .....	70
<b>Tabla 4.</b> Ficha técnica compresor de tornillo.....	73
<b>Tabla 5.</b> Recomendación de mantenimiento compresor de tornillo.....	74
<b>Tabla 6.</b> Ficha técnica compresor de pistón.....	75
<b>Tabla 7.</b> Recomendaciones de mantenimiento compresor de pistón.....	77
<b>Tabla 8.</b> Ficha técnica condensador 1.....	79
<b>Tabla 9.</b> Ficha técnica condensador 2.....	81
<b>Tabla 10.</b> Recomendaciones de mantenimiento condensadores.....	83
<b>Tabla 11.</b> Ficha técnica agitador de salmuera.....	85
<b>Tabla 12.</b> Ficha técnica chiller.....	87
<b>Tabla 13.</b> Recomendaciones de mantenimiento tanque NH3.....	90
<b>Tabla 14.</b> Ficha técnica bomba alimentación condensadores.....	92
<b>Tabla 15.</b> Mantenimiento motores eléctricos.....	96
<b>Tabla 16.</b> Propiedades del producto.....	104
<b>Tabla 17.</b> Propiedades compresores.....	106

## **INTRODUCCIÓN**

La necesidad de organizar adecuadamente el servicio de mantenimiento con la introducción de programas de mantenimiento preventivo y el control del mantenimiento correctivo hace ya varias décadas, se debió fundamentalmente al objetivo de optimizar la disponibilidad de los equipos productores, Posteriormente, la necesidad de minimizar los costos propios de mantenimiento acentúa esta necesidad de organización mediante la introducción de controles adecuados de costos.

Más recientemente, la exigencia a que la industria está sometida de optimizar todos sus aspectos, tanto de costos, como de calidad, como de cambio rápido de producto, conduce a la necesidad de analizar de forma sistemática las mejoras que pueden ser introducidas en la gestión, tanto técnica como económica del mantenimiento. Todo ello ha llevado a la necesidad de manejar desde el mantenimiento una gran cantidad de información.

## BREVE DESCRIPCION DEL PROBLEMA

La empresa ***Inversiones Paimaná Ltda., fábrica de hielos*** se ha encontrado en la necesidad de implantar un plan de mantenimiento efectivo que le permita enfocarse más en la producción que el mantenimiento no planeado, esto debido a que el personal encargado del mantenimiento correctivo en este caso, es contratado cuando ocurre la falla, lo que hace que hayan demoras en la producción y por ende pérdida de tiempo y dinero. Por esta razón han visto la necesidad de elaborar un plan de rutas de mantenimiento preventivo por parte de los operarios que elimine fallas prevenibles y aumenten el tiempo productivo de personal y maquinaria.

## **OBJETIVO GENERAL**

Elaborar un plan de mantenimiento óptimo que supla la necesidad creciente de la empresa por aumentar la disponibilidad de los equipos críticos de la planta y disminuir la probabilidad de falla para que la producción no se vea afectada por estas.

## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar en base a su importancia los equipos fundamentales para la operación correcta de la planta
- Recopilar información suficiente de los equipos a través de los manuales catálogos , información de operarios, técnicos y personal de mantenimiento que nos permita identificar el mantenimiento más apropiado
- Verificar el estado actual de mantenimiento de la empresa y la forma como se está ejecutado por parte del personal contratado y fijo que se encarga del mantenimiento.
- Elaborar un plan maestro de mantenimiento que le permita a la empresa optimizar y gestionar de forma efectiva el mantenimiento a través de paradas programadas a los equipos que lo requieran
- Evaluar la eficiencia del proceso de refrigeración en la planta y a través del cálculo de indicadores del sistema de compresión de vapor de amoniaco.

## **GENERALIDADES DE LA EMPRESA**

### **MISION**

- Satisfacer las necesidades de los clientes con productos estandarizados.
- Brindar servicios de excelente calidad
- Contar con personal e idóneo y contribuir con la rentabilidad financiera sostenible de la organización

### **VISION**

Inversiones Paimaná para 2013 se propone ser el principal proveedor a nivel de la Costa Atlántica; de hielo en cubo, hidratantes, agua en bolsa y todo lo relacionado con el desposte, corte y comercialización de carne porcina, bovina.

## **ANTECEDENTES DE LA EMPRESA**

Inversiones Paimaná en un comienzo fue parte de la empresa OCEANOS SA que comercializa camarones, así que toda la producción del hielo se destinaba a la conservación del camarón el parte final de venta, luego después de varios años el grupo Inversiones Paimaná compro esa parte de la empresa dedicada a la producción de hielo debido a que para OCEANOS el costo de operación para producir hielo solo para conservación final del camarón era muy alto, es por esto que decidieron su venta.

Inversiones Paimaná fue a partir de ahí una de las principales competidoras en la fabricación de bloques de hielo de la costa ampliando su rango de clientes y consolidándose como una empresa confiable en el ámbito del negocio.

## UBICACIÓN

**Figura 1.** *Ubicación de la empresa*



*Foto tomada google maps. Cartagena, Colombia*

## ORGANIGRAMA DE PRODUCCION DE LA EMPRESA

ENTRADA DE AGUA

BOMBEO HACIA TANQUE  
ALMACENAMIENTO DE AGUA

LLENADO DE MOLDES DE PRODUCCIÓN  
POR TANQUE DE ALMACENAMIENTO

CARGUE DE MOLDES POR POLIPASTO  
HACIA LAS PISINAS DE CONGELACIÓN.

PROCESO DE CONGELACIÓN DE  
MOLDES POR PISCINA DE SALMUERA.

DESCARGUE DE MOLDES POR  
POLIPASTO PARA EL  
DESPRENDIMIENTO DE LOS BLOQUES

CUARTO DE ALMACENAMIENTO DE  
HIELO.

PROCESO DE VENTA EN EL CUARTO  
FRÍO.

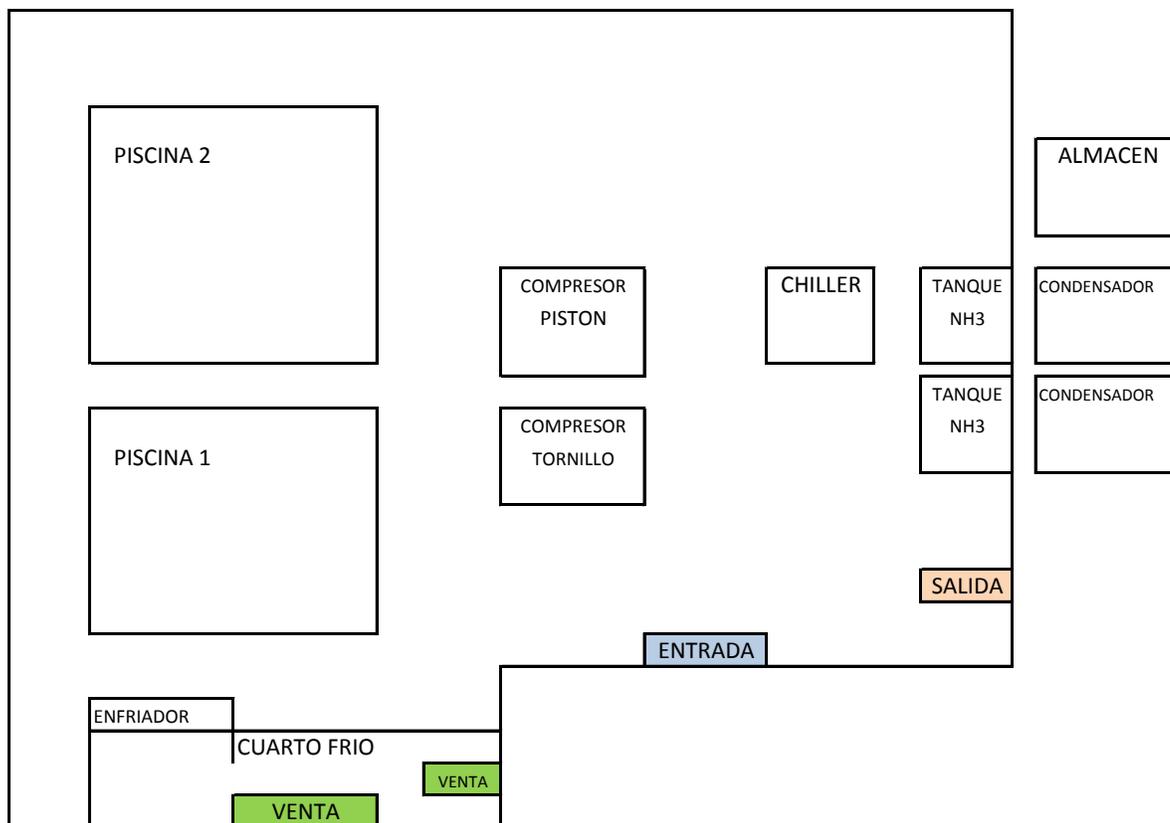
**INVERSIONES PAIMANÁ**

**Figura 2.** Foto de la empresa



## ESQUEMA GENERAL DE LA PLANTA

Figura 3. Esquema de organización de los equipos en la planta



## **SECCION I REVISION BIBLIOGRAFICA**

### **1. GENERALIDADES DE MANTENIMIENTO**

#### **1.1 ESTADO ACTUAL DEL MANTENIMIENTO**

Hoy en día toda empresa busca tener un departamento de mantenimiento cuya función sea la optimización de los recursos humanos, económicos, físicos, administrativos y técnicos. De aquí la importancia que ha cobrado el mantenimiento en los últimos años, ya que paso de ser un gasto para convertirse en una inversión y en últimas se ha ligado con la parte productiva de la empresa lo que hace que se le dé la relevancia e importancia que este tiene dentro de cualquier industria.

El concepto de mantenimiento está totalmente relacionado con la confiabilidad, esa es la esencia de esta actividad, la confiabilidad en que a planta funcionará continuamente sin paradas indeseadas con las consecuentes pérdidas económicas. Un equipo que opera en forma segura, funcional y mantiene una buena apariencia da beneficios económicos y permite mantener una productividad real a la empresa.

Administrar un buen mantenimiento es toda una empresa donde el Jefe debe gerenciar los recursos, optimizar su utilización, planear cada actividad crear los mecanismos de supervisión y control, crear los medios de retroalimentar el

proceso y sobretodo crear una clara conciencia sobre la importancia de su actividad a todos los niveles de la organización.

En las últimas décadas, las estrictas normas de calidad y la presión competitiva han obligado a las empresas a transformar sus departamentos de mantenimiento.

Estos cambios suponen pasar de ser un departamento que realiza reparaciones y cambia piezas o máquinas completas, a una unidad con un alto valor en la productividad total de la empresa, mediante la aplicación de nuevas técnicas y prácticas.

En la situación actual es imprescindible, tanto en las grandes como en las medianas empresas, la implantación de una estrategia de mantenimiento para aumentar la vida de sus componentes, mejorando así la disponibilidad de sus equipos y su confiabilidad, lo que repercute en la productividad de la planta.

La gestión del mantenimiento ha evolucionado mucho a lo largo del tiempo. El mantenimiento industrial, día a día, está rompiendo con las barreras del pasado. Actualmente, muchas empresas aplican la frase: “el mantenimiento es inversión, no gasto”. El primer mantenimiento llevado a cabo por las empresas fue el llamado **mantenimiento correctivo**, también llamado mantenimiento de emergencia. Esta clase de mantenimiento consiste en solucionar los problemas de los equipos cuando fallan, reparando o sustituyendo las piezas o equipos

estropeados. Estas técnicas quedaron obsoletas, ya que, si bien el programa de mantenimiento está centrado en solucionar el fallo cuando se produce, va a implicar altos costes por descenso de la productividad y mermas en la calidad.<sup>1</sup>

**Tabla 1. Evolución histórica**

Etapa	sucede aproximadamente	Producción - Manufactura		Mantenimiento e Ingeniería de Fábricas	
		Orientación hacia ....	Necesidad específica	Orientación hacia ....	Objetivo que pretende
I	antes de 1950	el producto	generar el producto	hacer acciones correctivas	reparar fallos imprevistos
II	entre 1950 y 1959	la producción	estructurar un sistema productivo	aplicar acciones planeadas	prevenir, predecir y reparar fallos
III	entre 1960 y 1980	la productividad	optimizar la producción	establecer tácticas de mantenimiento	gestar y operar bajo un sistema organizado
IV	entre 1981 y 1995	la competitividad	mejorar índices mundiales	implementar una estrategia	medir costos, CMD, compararse, predecir índices, etc.
V	entre 1996 y 2003	la innovación tecnológica	hacer la producción ajustada a la demanda	desarrollar habilidades y competencias	aplicar ciencia y tecnología de punta
VI	desde 2004	Gestión y operación integral de activos en forma coordinada entre ambas dependencias Gestión de activos			

Hoy en día se define al mantenimiento como “La función empresarial que por medio de sus actividades de control, reparación y revisión, permite garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de las instalaciones”

Simplificando y resumiendo podríamos decir que el mantenimiento hoy en día es “Asegurar que todo activo físico, continúe desempeñando las funciones deseadas” Dada esta definición debemos plantear el objetivo de mantenimiento

<sup>1</sup> <http://www.sinais.es/MantenimientoPredictivo.pdf>

como algo medible, cuantificable, que exprese lo dicho en ella, dicho objetivo lo enunciaremos así: “Asegurar la competitividad de la empresa por medio de: asegurar la disponibilidad y confiabilidad planeadas de la función deseada, cumpliendo con los requisitos del sistema de calidad de la empresa, cumpliendo con todas las normas de seguridad y medio ambiente, al menor costo ó máximo beneficio global”.

### **Importancia Estratégica**

Nadie discute la importancia que en la competitividad de las empresas tienen hoy en día dos factores claves, como ser la calidad y la productividad. Para que esto se asegure a lo largo del tiempo es necesaria la existencia del tercer factor clave que es la confiabilidad. Si no somos confiables podremos lograr un resultado bueno un día pero nunca lo sostendremos todos los días. Es a través de la confiabilidad que el mantenimiento muestra su importancia pues es su acción lo que la garantiza. En un terreno más concreto el resultado de una empresa en términos de producción esta compuesto por la capacidad instalada, el ritmo de operación, la calidad de sus productos y la disponibilidad de sus instalaciones. Si bien mantenimiento influye en todos, es a través de la disponibilidad donde se ven mejor sus efectos y por lo tanto la incidencia que tiene en el resultado global. El buen mantenimiento nos asegura la disponibilidad hoy y a lo largo del tiempo y esto es la confiabilidad.

## **Mantenimiento Orientado por Resultados**

Hemos analizado los resultados del mantenimiento desde un punto de vista global, ahora comenzaremos a verlo desde un punto de vista mas particular para poder entender como se ve el problema desde adentro, que conceptos de base deben estar claros para luego comprender la organización y el modelo de gestión que se necesita y finalmente alcanzar nuestro objetivo que es el hombre de mantenimiento.

Hablar de resultados es hablar de sistemas, y el pensar en sistemas nos lleva a considerar la calidad de los mismos, de nada sirve la mas óptima calidad en los sistemas si estos no son aceptados por las personas que deben ponerlos en práctica. Esto es muy importante pues debemos tener presente que el mantenimiento es una tarea humana por excelencia, se pueden automatizar fábricas de forma tal que no tengan ningún operario, pero en algún momento una persona de mantenimiento deberá intervenir sobre ese robot o sistema automático para prevenir una parada o corregirla rápidamente si ya ocurrió.

Será también muy importante que esta acción sea sobre la base del llamado “Sentido Común del Mantenimiento”, esto es, “hacer las cosas que se deben, y hacer estas cosas como se deben”, en definitiva, “hacer las cosas bien la primera vez”.

## **Calidad**

La calidad es sin lugar a dudas un importante vehículo de transformación, pero un vehículo que transporta personas, por lo tanto es muy importante que los planes de calidad tengan en cuenta factores tales como la concientización y el compromiso del personal, la motivación, la responsabilidad y el orgullo de integrar el equipo. Solo si estos aspectos están contemplados podremos hablar de una garantía de calidad.

## **Mantenimiento Estratégico**

El enfoque moderno del mantenimiento nos muestra un encare de tres niveles, primero debemos definir las estrategias, el “que hacer”, luego los sistemas, el “cómo hacerlo”, para por último analizar los recursos humanos y materiales, el “con quien y con qué hacerlo”. Respecto a los recursos propios será importante contar con una clara estructura organizativa con sus niveles de decisión y autoridad bien definidos, con la dotación y perfiles requeridos, con los criterios de selección y planes de capacitación bien establecidos, con metodologías de motivación y reconocimiento claras y fundadas estas últimas en adecuados métodos de evaluación del desempeño. Actualmente existe una tendencia al outsourcing de los servicios de mantenimiento. Se tercerizan servicios por necesidad de mayor especialización en la técnica, por necesidad de mejor equipamiento para desarrollarla, o por estrategia empresarial de concentrarse en

las áreas claves del negocio. Esta última causa genera que se tercericen tareas tales como: limpieza, jardinería, transportes, mantenimiento edilicio, etc. Lo que si se mantiene con personal propio son aquellas actividades que requieren polifuncionalidad y conocimiento detallado de los equipos e instalaciones de la empresa.

### **Organización**

En los primeros tiempos se hablaba de centralizar el mantenimiento, luego en contraposición surgió el planteo de descentralizar, hoy la tendencia es a las organizaciones de tipo mixto, descentralizadas por sectores y parte centralizadas actuando como soporte de los sectores descentralizados, esto permite una mejor atención a las cambiantes realidades. Diez años atrás se planteaban tres ideas en materia de organización de mantenimiento: la organización como centro de lucros, ósea una empresa dentro de la empresa, y el desarrollo de la relación cliente - proveedor interna con el área operación, el paso siguiente era la integración operaciones y mantenimiento, idea promovida por los impulsores del TPM, y por último la descentralización selectiva de los servicios y actividades de mantenimiento, hoy estas ideas son una realidad. Las empresas se han transformado debido a la mayor automatización de sus plantas, al mayor volumen de producción, y el aumento de la productividad, esto ha provocado una disminución del personal de operaciones y un aumento del de mantenimiento en términos relativos a épocas anteriores.

Esta transformación tecnológica de las organizaciones aumentó la exigencia de capacitación para nuestro profesional de mantenimiento, ahora un buen técnico de mantenimiento debe saber: automatización, instrumentación, electrónica, electricidad, hidráulica, neumática, mecánica, seguridad industrial, calidad, computación e idiomas, sin olvidarnos de los conocimientos específicos del proceso los cuales son fundamentales para comprender como funciona aquello que debemos mantener. En este esquema la supervisión tradicional no funciona más, no es posible estar en todos lados controlando e indicando que hacer, y además tampoco es deseable. En cambio el estilo moderno de supervisión es el de facilitador de la tarea, el líder que indica objetivos y controla resultados, de allí la importancia del sentido de responsabilidad y la confianza depositada en el hombre de mantenimiento, y el compromiso que este debe tener para con la organización y sus resultados.

### **Mantenimiento Moderno**

En resumen lo que modernamente se plantea en las empresas es un “joint - venture” operación - mantenimiento con el objetivo de mejorar la calidad de los productos, reducir los desperdicios y mejorar los equipos. Las claves para el éxito serán por tanto el compromiso, la responsabilidad, la habilidad y capacidad para el cambio, así como el nivel de competencia que la capacitación y el entrenamiento nos garanticen.

En este esquema los operadores son los “responsables” de los equipos, y desarrollan algunas tareas de mantenimiento tales como: limpiezas, inspecciones, ajustes, pequeñas reparaciones, lubricación, y participan en la definición de modificaciones o rediseños y por cierto en la elaboración junto con mantenimiento de los planes de mantenimiento. El personal de mantenimiento en cambio actúa como “especialista” que asiste a los operadores. De esta forma y en función de la organización mixta que enunciamos en párrafos anteriores, se plantea el accionar del mantenimiento en tres líneas.

La 1ª línea son los técnicos de mantenimiento asignados al área de operaciones, es el área descentralizada, dependen funcionalmente de la gerencia de operaciones. Las tareas de mantenimiento que están a su cargo son: el preventivo de los equipos e instalaciones de su sector, la atención de las emergencias que ocurran, el diagnóstico de problemas y el soporte a los operadores. Son técnicamente poli funcionales y tienen una sensación de pertenencia al equipo de operaciones, están más cerca del “feeling” del proceso.

La 2ª línea son los técnicos de mantenimiento que se encuentran en el taller central, la parte centralizada de la organización, dependen funcionalmente de la gerencia de mantenimiento. En esta área se realiza la gestión y la ingeniería de mantenimiento; los técnicos son poli funcionales con algún grado de

especialización mayor, actúan como soporte de la 1ª línea. A esta área se suele asignar la responsabilidad de operar los servicios generales: electricidad, vapor, agua fría y caliente, aire comprimido, refrigeración, aire acondicionado, comunicaciones, saneamiento, etc. La 3ª línea por último son todos los servicios tercerizados que como ya mencionamos antes pueden ser por mayor especialización, por tareas simples que no tenemos interés en desarrollar nosotros mismos o también para reforzar la 2ª línea en momentos de sobrecarga importante de trabajo como ser paradas de planta o montaje de instalaciones o máquinas nuevas.

En definitiva hoy el concepto de mantenimiento es el concepto de servicio, mantenimiento es un servicio, esto requiere cambios de comportamiento y de actitud, se requiere voluntad de sacrificio, como en el caso del “comando” o el “misionero”, no somos las “estrellas” como el “piloto de fórmula 1”, pero somos parte muy importante del equipo, tan importante que puede determinar el “ganar o perder la carrera”.

El futuro cercano ya nos va mostrando que el concepto será además el de “Medicina de Sistemas”, diagnosticando “síntomas”, prediciendo “enfermedades”, desarrollando “terapias preventivas”, analizando la “historia clínica”, ejecutando “operaciones correctivas”.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> <http://www.aciem.org/bancoconocimiento/e/elhombredemantenimiento/elhombredemantenimiento.asp>

Medir, reportar, analizar y mejorar, de esta forma creamos un flujo correcto hacia un mantenimiento óptimo y eficiente.

**Figura 4.** *flujo de mantenimiento*



## **1.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO <sup>3</sup>**

### **1.2.1 MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

Se define como aquel que se realiza cuando las fallas han ocurrido, no se puede prever cuándo ocurrirá.

### **1.2.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

El mantenimiento preventivo consiste en una serie de acciones que se ejecutan en un programa basado en el tiempo transcurrido o basado en el tiempo de servicio del equipo. Estas acciones se realizan para descubrir, evitar, o mitigar la degradación de un sistema (o sus componentes). La meta de un mantenimiento preventivo es minimizar la degradación del sistema y de sus componentes y así sostener la vida útil del equipo.

---

<sup>3</sup> Memorias, Minor mantenimiento industrial 2007 Universidad tecnológica

Por sí sólo el mantenimiento preventivo no es la estrategia de mantenimiento óptima, pero tiene varias ventajas encima de un programa completamente reactivo. Realizando el mantenimiento preventivo en el equipo tal y como lo recomienda su fabricante, se garantiza el ciclo de vida del equipo en parámetros originales. Esto se traduce en economía.

**Tabla 2** *mantenimiento preventivo*

<b>Ventajas del Mantenimiento Preventivo</b>	<b>Fases del Mantenimiento Preventivo</b>
<p>Confiabilidad, los equipos operan en mejores condiciones de seguridad, ya que se conoce su estado, y sus condiciones de funcionamiento.</p> <p>Disminución del tiempo muerto, tiempo de parada de equipos/máquinas.</p> <p>Mayor duración, de los equipos e instalaciones.</p> <p>Disminución de existencias en Almacén y, por lo tanto sus costos, puesto que se ajustan los repuestos de mayor y menor consumo.</p> <p>Uniformidad en la carga de trabajo para el personal de Mantenimiento debido a una programación de actividades.</p> <p>Menor costo de las reparaciones.</p>	<p>Inventario con planos, características de cada equipo.</p> <p>Procedimientos técnicos, listados de trabajos a efectuar periódicamente</p> <p>Control de frecuencias, indicación exacta de la fecha a efectuar el trabajo.</p> <p>Registro de reparaciones, repuestos y costos que ayuden a planificar</p>

### **1.2.3 MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

Busca prevenir fallas mediante observaciones que indican tendencias. Existen varios métodos los cuales son especializados y requieren una preparación apropiada. Entre ellos están- La medición de vibraciones mecánicas, el análisis eléctrico, termografía infrarroja, tribología y análisis de aceites, entre otros.

El Mantenimiento Predictivo depende de una serie Técnicas (Herramientas, Equipos, Conocimientos, métodos, procedimientos y filosofías) que aplicados en armonía logran con efectividad Predecir eventos en Maquinarias y Sistemas que puedan interferir con el proceso productivo y tomar acciones para evitarlos.

### **1.3 GESTION DE MANTENIMIENTO**

La única manera de entender la razón de ser del mantenimiento es la de satisfacer a nuestro cliente. Mientras se entienda esta labor como un servicio se lograrán obtener los resultados proyectados. Cada miembro de nuestro personal debe entender que es importante y que su labor así sea la de contestar el teléfono es fundamental dentro de la organización, solamente con que se tenga una secretaria que no sepa como responder una llamada implica dañar la imagen del departamento como un todo. Que decir de un electricista desatento que cree conflictos con todo aquel que le solicite algo tan sencillo como cambiar un bombillo o revisar un aire acondicionado.

## **Fijación de objetivos**

Los objetivos son el norte de toda actividad, indican a donde se quiere llegar y permiten que exista una unidad de intereses dentro de los diversos niveles de la organización. Definir objetivos en ocasiones no es una labor sencilla pero compete directamente al nivel gerencial hacerlo. Para esto el gerente de mantenimiento debe basarse en el plan estratégico de su empresa, determinando claramente las tareas que dentro de cada estrategia e haya fijado la gerencia general en procura de los objetivos propuestos y las metas planeadas. El conocimiento claro de las fortalezas y debilidades de la Empresa así como las amenazas y oportunidades del entorno, influyen la gestión de mantenimiento y por ello deben ser claramente determinadas y conocidas, esto ayudará muchísimo al logro de los objetivos.

## **Planeación**

Es el procedimiento organizado que permitirá programar el cumplimiento de los objetivos mediante una acertada utilización de los recursos en poder del gerente. El planeamiento debe dar respuestas a las típicas preguntas.- Qué hacer? Cómo hacerlo?,- Cuándo hacerlo?; Con qué?-, Para qué?Involucra un ejercicio mental importante y cuidadoso, en el cual o se deben ahorrar *esfuerzos en* la búsqueda de información, en consultar con los especialistas, operarios y técnicos, en analizar los costos, en la conformación de grupos asesores, en permitir la lluvia de ideas y finalmente el uso de herramientas

importantes de programación para la determinación de tiempos, holguras y ruta crítica

### **Organización y ejecución**

Es la fase en donde se lleva a la realidad el proceso de planeación para lo cual se requiere organizar los grupos de trabajo y operación. Cuando la planeación ha sido rigurosa y detallada esta fase se desarrolla de manera muy sencilla ya que con anterioridad se han tenido en cuenta dos los factores que intervienen.

La experiencia previa es fundamental para reducir los esfuerzos. El inicio de todo proyecto o trabajo de alto nivel presenta dificultades que se van superando en la medida en que se vayan integrando los grupos para su realización y se consoliden los procedimientos y la metodología de trabajo.

### **Dirección**

La labor gerencial dentro de la gestión de mantenimiento es permanente El gerente debe crear los mecanismos adecuados para garantizar que durante el desarrollo de todo \*el proyecto exista una acertada dirección- La selección de personal es fundamental para lograr que se cuente con personas muy capacitadas y con aptitudes hacia liderazgo muy definidas. La comunicación juega un papel muy importante entendiéndose que debe ser en todas direcciones

## **Control**

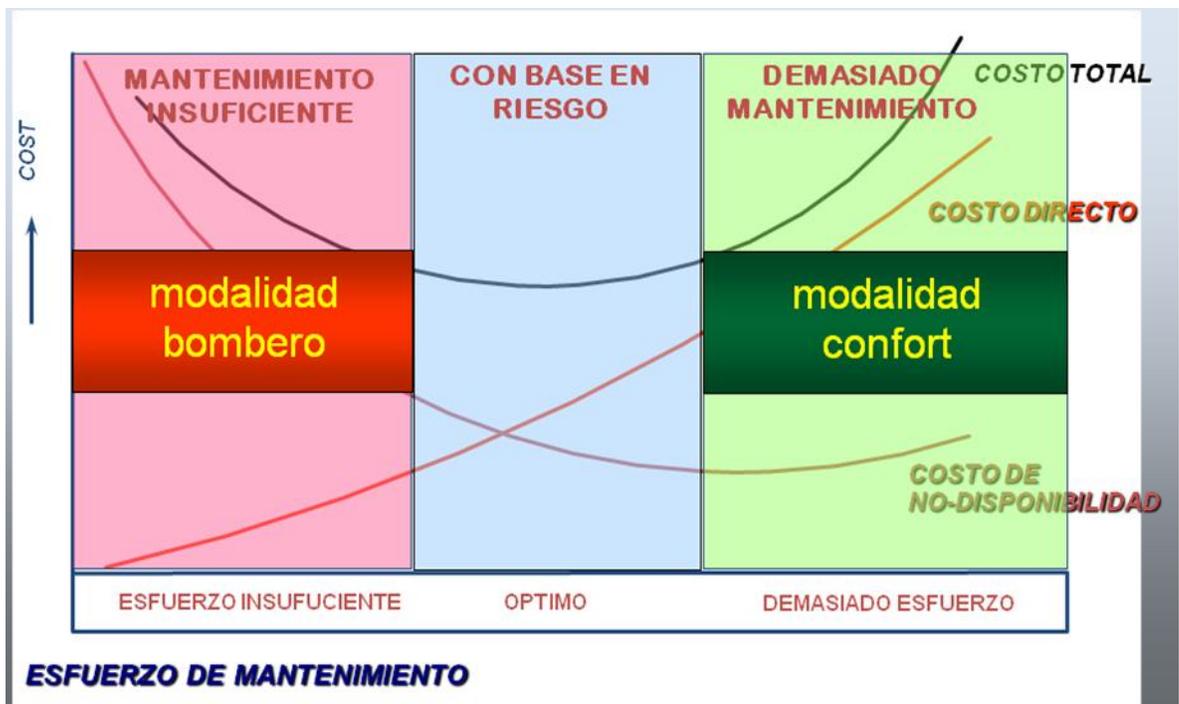
Es el método o procedimiento que permite a la gerencia comprobar la correlación entre lo programado y lo ejecutado, está estrechamente relacionado con la planeación, ya que precisamente con el control se logra verificar el cumplimiento de los objetivos propuestos. El control en sí mismo no representa producción, pero si garantiza que se tenga una visión oportuna de; desarrollo de las actividades y a la vez permite detectar en su debido momento los errores, las desviaciones de; objetivo o una deficiente calidad, de manera que se puedan tomar los correctivos del caso.

El proceso de control se basa en la medición de los resultados mediante indicadores claramente definidos. Con este fin durante la fase de planeamiento es importante determinar cómo se evaluará cada actividad o grupo de estas. Se busca controlar la calidad de los trabajos, su adecuada ejecución', la oportuna realización, el tiempo empleado y los recursos utilizados. De esta manera se logrará la eficiencia propia de una Gerencia organizada.

Como una de las características del control es que sirva como una herramienta gerencial para mejorar los planeamientos futuros es importante que el personal no lo tome como una fiscalización de sus actividades sino por el contrario debe ser la forma en que podamos ver la buena calidad de sus trabajos.

La retroalimentación permanente de las labores mantenimiento se constituye en otra forma de control que arroja valiosos resultados mediante la actualización de procedimientos y/o la modificación de los planes periódicos en la medida en que la experiencia demuestre la necesidad de hacerlo y se pueda validar mediante comprobaciones de ingeniería. Por ejemplo el tiempo estipulado para el cambio de aceite de un cárter se puede ampliar. si las pruebas así lo determinan, con los consiguientes ahorros por este motivo.

**Figura 5. Esfuerzo de mantenimiento**



Empezar con el pie derecho en mantenimiento es identificar o saber identificar en que etapa y que tanto esfuerzo de mantenimiento se está realizando con base en la situación de la empresa, si esta se encuentra por ejemplo según la grafica en la modalidad bombero significaría que el esfuerzo de mantenimiento

es pobre y que los equipos se les hace mantenimiento cuando muestran fallas que ponen en riesgo la operación, por otro lado si el esfuerzo de mantenimiento es demasiado con base a los costos significaría que se hace mucho mantenimiento y que el costo de este es mayor que si no se hiciera mantenimiento, por eso es primordial para cada empresa encontrar un punto de equilibrio que permita mantener los equipos a un precio optimo y razonable dentro de los parámetros de esta.

#### **1.4 MANTENIMIENTO Y EFICIENCIA ENERGETICA**

La operación y el mantenimiento comprenden las decisiones y acciones tomadas con el propósito de controlar y preservar las instalaciones y los equipos. Estas acciones incluyen entre otras la realización de rutinas preventivas y predictivas, actividades planeadas y no planeadas ejecutadas con el objetivo de evitar fallas de los equipos, garantizar la seguridad, obtener la disponibilidad y confiabilidad deseadas, garantizar el cumplimiento de la función de los equipos y sistemas y ahora con el propósito de incrementar la eficiencia energética o al menos mantenerla dentro de las especificaciones de diseño.

Años atrás en la industria se presentaba una marcada división entre la organización encargada de realizar la operación y la encargada del mantenimiento, sin embargo hoy día estas dos organizaciones trabajan de

forma más cercana y en algunas compañías ya existe una integración real de las mismas.

Lo anterior favorece de forma importante el logro de los objetivos comunes de las compañías y permite que mediante un programa de O&M se incremente el nivel de seguridad debido a equipos adecuadamente mantenidos, se alcance la vida esperada de los equipos, se logre el desempeño y la disponibilidad de los equipos para garantizar la realización del proceso productivo, se aporte en el logro de los objetivos ambientales y ahora, adicionalmente mediante la incorporación del concepto de la eficiencia energética, se pueden lograr ahorros en los costos de la energía y los recursos utilizados. Esto último de gran importancia hoy en día por lo que representa en la disminución de los costos de operación, así como también en el cumplimiento de las leyes relacionadas con el uso eficiente de la energía que ya en algunos países han entrado en rigor y que en algún momento normativas similares serán aplicadas en el nuestro, puesto que será una tendencia mundial y también una necesidad para el medio ambiente y el desarrollo económico.

Se estima que entre en 5% y el 20% de los costos energéticos pueden ser evitados sin que sea necesario para ello realizar mayores inversiones, si no mediante la implementación de un programa de uso eficiente de la energía y la asimilación del concepto de eficiencia energética por parte de la organización de operación y mantenimiento.

El inadecuado mantenimiento de los sistemas que utilizan la energía es una de las principales causas de un mayor consumo de la misma en instalaciones industriales, comerciales, edificaciones de oficinas e incluso en complejos residenciales.

En la industria por ejemplo las pérdidas en los sistemas de vapor, sistemas de refrigeración, agua, aire comprimido, aislamientos térmicos, motores eléctricos, sistemas de bombeo y sistemas de control con mal funcionamiento o desajustados; son debidas en buena parte a un mantenimiento deficiente y los costos que estas condiciones generan pueden ser considerables.

Muchas tecnologías de eficiencia energética están ya disponibles y se ha probado que son favorables en la relación costo-beneficio, sin embargo, continúan sin ser ampliamente adoptadas debido a algunas barreras como por ejemplo las siguientes:

- Falta de conciencia del potencial de ahorros que pueden generar.
- Falta de información del desempeño y de mediciones comunes.
- Falta de consideración del eficiencia energética en sistemas y procesos.
- El hecho de que la eficiencia energética y el costo del ciclo de vida reciben menor importancia al momento de realizar inversiones de compra de equipos o sistemas (e.j. el costo de la inversión inicial).
- La separación que existe en las industrias entre los usuarios de la energía y quienes pagas las facturas de la misma.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Artículos ACIEM, Mantenimiento y eficiencia energética, Javier Galván.

## **2 GENERALIDADES DEL PROCESO DE REFRIGERACION**

### **2.1 HISTORIA DE LA REFRIGERACION<sup>5</sup>**

La utilización del frío es un proceso conocido ya desde muy antiguo; en el siglo XII los chinos utilizaban mezclas de salitre con el fin de enfriar agua; los árabes en el siglo XIII utilizaban métodos químicos de producción de frío mediante mezclas; en los siglos XVI y XVII, investigadores y autores como Boyle, Faraday (con sus experimentos sobre la vaporización del amoníaco) etc., hacen los primeros intentos prácticos de producción de frío.

En 1834, Perkins desarrolla su patente de máquina frigorífica de compresión de éter y en 1835 Thilorier fabrica nieve carbónica por expansión; Tellier construyó la primera máquina de compresión con fines comerciales, Pictet desarrolla una máquina de compresión de anhídrido sulfuroso, Linde otra de amoníaco, Linde y Windhausen la de anhídrido carbónico, Vincent la de cloruro de metilo, etc. Un capítulo aparte merece Carré, propulsor de la máquina frigorífica de absorción y Le Blanc-Cullen-Leslie la de eyección.

Desde el punto de vista de sus aplicaciones, la técnica del frío reviste un gran interés dentro de la evolución industrial a que obliga la continua alza de la vida.

La refrigeración tiene un amplísimo campo en lo que respecta a la conservación de alimentos (Barcos congeladores de pescado en alta mar,

---

<sup>5</sup> <http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/ciclos-refrigeracion-compresion/ciclos-refrigeracion-compresion.pdf>

plantas refrigeradoras de carnes y verduras), productos farmacéuticos y materias para la industria (Plantas productoras de hielo, unidades de transporte de productos congelados, barcos, aviones, trenes, camiones, etc), en sistemas de acondicionamiento de aire y calefacción, etc. Esto da una idea del grandísimo interés universal que reviste el frigorífico industrial desde el punto de vista económico, humano y social.

## **2.2 REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL**

El compresor frigorífico es la parte más importante del sistema ya que es el encargado de mover el refrigerante entre nuestro elemento a enfriar y el elemento receptor de esta energía, por tanto podemos decir que es el motor del sistema y sin él cual sería imposible el transporte de dicha energía.

En cualquier diagrama frigorífico se puede observar la posición que ocupa el compresor dentro de un sistema convencional compuesto por un condensador, una válvula de expansión y un evaporador. Evidentemente, en el caso de fallo total de alguno de estos elementos, el sistema también dejaría de funcionar pero la experiencia demuestra que esto ocurre en muy contadas ocasiones, ya que tanto el evaporador como el condensador se componen de tubos y por tanto, sus posibilidades de fallo son limitadas.

Igualmente la válvula de expansión, aunque se compone de más elementos, no suele ser un problema. Por último, en el caso de un sistema por bombeo de refrigerante siempre existe una bomba de reserva con lo que deja de ser un componente crítico para el buen funcionamiento del sistema.

El compresor sin embargo, es la parte del sistema que cuenta con más elementos en movimiento y por tanto susceptibles de romperse, de hecho, es el responsable de la mayoría de los problemas que provocan paros en la producción y también es el responsable del consumo de la mayoría de la potencia eléctrica de la instalación frigorífica y por tanto, es un elemento que debe ser conocido en profundidad para asegurar con ello una correcta elección.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> <http://www.mayekawa.es/Criterios.html>

## PROCESO REFRIGERANTE

La producción de frío es básicamente un fenómeno endotérmico (absorción de calor), en donde la fuente de calor es el producto o el espacio a enfriar, lo que provoca el abatimiento de su temperatura. Existe una gran diversidad de métodos de producción de frío, los cuales en su mayoría están basados en la extracción de calor de un cuerpo o un espacio por intermedio de la absorción del mismo por un fluido (refrigerante), el cual lo utiliza a su vez y de manera espontánea, para cambiar de estado de agregación, como la evaporación, fusión, sublimación, etc. cuyas transiciones se desarrollan a bajas temperaturas.<sup>7</sup>

**Figura 6.** *Proceso refrigerante*



<http://www.historiasdelaciencia.com/wp-content/uploads/2005/07/2principio02.jpg>

<sup>7</sup> Isaac Pilatowsky y Roberto Best, Producción de frío Pag. 5

## 2.3 EQUIPOS EN REFRIGERACIÓN<sup>8</sup>

Los cuatro componentes de un sistema de refrigeración por compresión de vapor son; compresor, condensador, dispositivo de expansión, y evaporador que tienen su peculiar forma de funcionamiento.

El compresor es el primer componente que se analiza.

### **Compresor**

- El ciclo de compresión de vapor, es el ciclo de refrigeración más importante desde el punto de vista comercial.

Los compresores de vapor más utilizados en la refrigeración son de tres tipos principales:

Compresores alternativos (en sistemas industriales comerciales y domésticos)

Compresores rotatorios (en sistemas comerciales y domésticos).

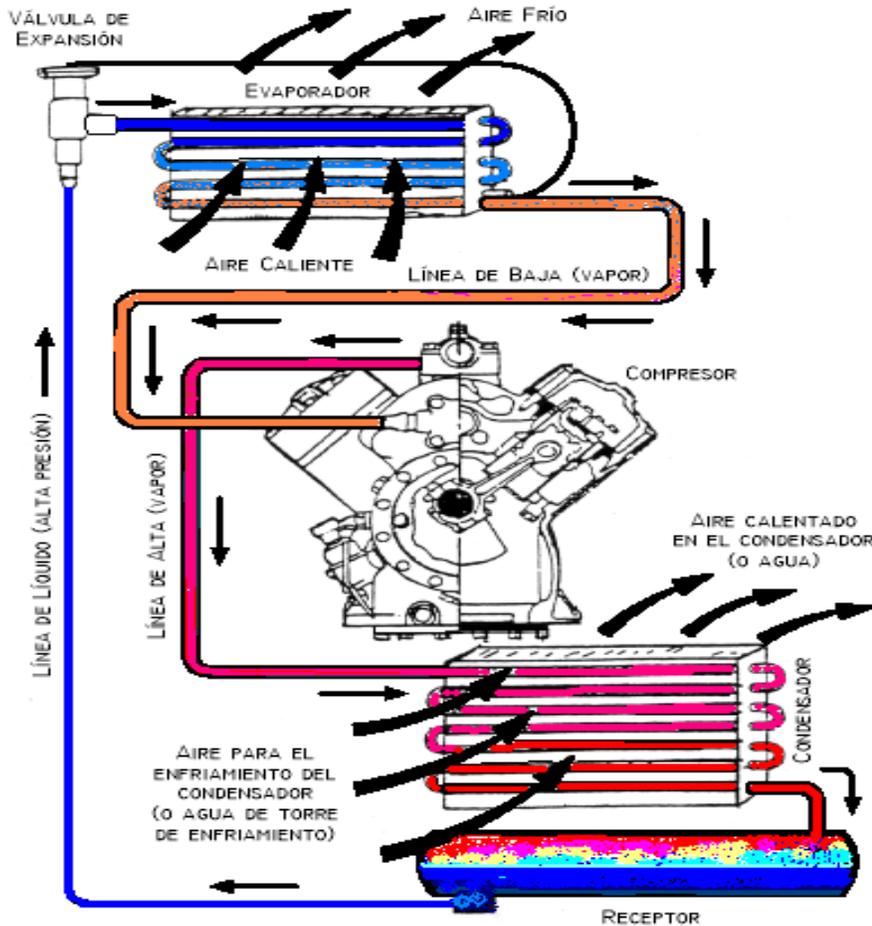
Compresores Centrífugos (en sistemas industriales).

Y de Tornillo (en sistemas industriales)

---

<sup>8</sup> [www.mecanica.utonet.edu.bo/docentes/7103/.../UNIDAD%203.ppt](http://www.mecanica.utonet.edu.bo/docentes/7103/.../UNIDAD%203.ppt)

**Figura 7** Compresor de pistón en sistema de refrigeración



Después de que ha perdido calor y se vaporiza en el serpentín de enfriamiento, el refrigerante pasa a través de la línea de succión al siguiente componente mayor en el circuito de refrigeración, el compresor. Esta unidad, que tiene dos funciones principales dentro del ciclo, se clasifica frecuentemente como el corazón del sistema, porque hace circular el refrigerante a través del mismo.

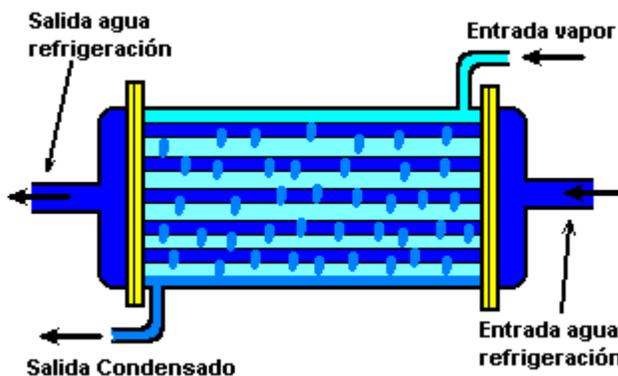
Las funciones que realiza son: recibir o remover el vapor refrigerante desde el evaporador, de tal manera que la presión y la temperatura deseada de evaporación se mantengan; incrementar la presión del vapor refrigerante a través del proceso de compresión y, simultáneamente, incrementar la temperatura del refrigerante de modo que pueda ceder calor al medio condensante del condensador.

### Condensador

La tarea del condensador es extraer el calor del refrigerante en forma de gas. Este calor, en principio, es la suma del calor absorbido por los evaporadores y el producido por el trabajo de compresión. Principalmente, pues, podemos hablar de condensadores enfriados por agua o por aire, según el medio utilizado para realizarla extracción del calor necesario.

En la figura se muestra un condensador enfriado por agua, sistema que se usa en la empresa.

**Figura 8.** *Condensador enfriado por agua*



## Válvula de expansión

La misión fundamental de la válvula de expansión es la de proporcionar una diferencia de presión establecida entre los lados de alta y de baja presión de la planta de refrigeración.

La válvula termostática de expansión se usa mucho en los sistemas de expansión seca. La pequeña abertura entre el asiento de la válvula y el disco origina la caída de presión necesaria. También efectúa un excelente trabajo de regulación de flujo, de acuerdo con las necesidades

**Figura 9.** *Válvula de expansión*



## **Evaporador**

El evaporador, al igual que el condensador, es un intercambiador de calor cuyo cometido consiste en absorber el flujo térmico que proviene del medio a enfriar.

El paso del flujo térmico del fluido frigorífero al medio exterior se rige por las mismas leyes físicas cualquiera que sea el tipo de evaporador y que depende:

Del coeficiente global de transmisión de calor

De la superficie del evaporador

De la diferencia existente entre la temperatura del evaporador y la del medio a enfriar.

## **2.4 AMONIACO Y REFRIGERACIÓN**

**Amoniaco**, Gas formado por la combinación de un átomo de nitrógeno y tres de hidrógeno. Es incoloro, más ligero que el aire, tiene un olor desagradable que irrita los ojos y las vías respiratorias. Tiene un sabor cáustico.

Es el derivado más importante del nitrógeno y es el camino para hacerlo activo.

A través de él, se obtienen los restantes compuestos. Licúa a  $-33^{\circ}$  dando un líquido fuertemente asociado con moléculas polares y enlaces por puentes de hidrógeno. Tiene elevada constante dieléctrica y por lo tanto es un solvente ionizante. El  $\text{NH}_3$  arde al aire con formación de  $\text{N}_2$  Y  $\text{H}_2\text{O}$  a una temperatura de  $900^{\circ}$ .

Como refrigerante, el amoníaco ofrece tres claras ventajas sobre otros refrigerantes comúnmente utilizados. Primero, el amoníaco es compatible con el medio ambiente. No destruye la capa de ozono y no contribuye al calentamiento global de la tierra. Segundo, el amoníaco tiene propiedades termodinámicas superiores, lo que da como resultado que los sistemas de refrigeración con amoníaco consuman menos energía eléctrica. Tercero, el olor característico del amoníaco es su mayor cualidad de seguridad. A diferencia de otros refrigerantes industriales que no tienen olor, la refrigeración con amoníaco tiene un historial probado de seguridad en parte porque las fugas son detectadas fácil y rápidamente.<sup>9</sup>

## **2.5 PRODUCCIÓN DE HIELO EN BLOQUE**

La forma de hacer hielo en bloques tradicional fabrica el hielo en moldes que se sumergen en un tanque con salmuera de cloruro sódico o cálcico en circulación. Las dimensiones de los moldes y la temperatura de la salmuera se seleccionan habitualmente de manera que el período de congelación dure entre 8 y 24 horas. La congelación demasiado rápida produce hielo quebradizo. El peso del bloque puede oscilar entre 12 y 150 kg, con arreglo a las necesidades; se considera que el bloque de 150 kg es el mayor que un hombre puede manipular adecuadamente. Cuanto más grueso sea el bloque de hielo, tanto más largo será el tiempo de congelación. Los bloques de menos de 150 mm de

---

<sup>9</sup> <http://www.refrigeracionindustrial.com/cgi-bin/RRI.pl?s=a&a=print&id=3>

espesor se rompen con facilidad, y es preferible un espesor de 150 a 170 mm para evitar que se quiebren. El tamaño que ha de tener el tanque guarda relación con la producción diaria. Una grúa rodante levanta una fila de moldes y los transporta a un tanque de descongelación situado en un extremo del tanque de congelación, donde los sumerge en agua para que el hielo se desprenda.

Los moldes se voltean para que salgan los bloques, se llenan nuevamente de agua dulce y se vuelven a colocar en el tanque de salmuera para un nuevo ciclo. Este tipo de planta suele exigir una atención continua, por lo que se trabaja con un sistema de turnos; una planta de 100 t/día necesita normalmente entre 10 y 15 trabajadores. Las fábricas de hielo en bloques requieren abundante espacio y mano de obra para manipular el hielo. Este último factor ha impulsado fuertemente el desarrollo de equipo automático moderno para la fabricación de hielo. El hielo en bloques aún se utiliza y puede ofrecer ventajas con respecto a otras formas de hielo en los países tropicales. El almacenamiento, manipulación y transporte se simplifican si el hielo está en forma de grandes bloques; y la simplificación suele ser imperativa en las pesquerías en pequeña escala y en los sitios relativamente remotos. Con ayuda de un buen triturador de hielo, los bloques pueden reducirse a partículas del tamaño que se desee, pero la uniformidad de tamaño será menor que la

que se logra con otros tipos de hielo. En algunas circunstancias, los bloques pueden fragmentarse también machacándolos a mano.<sup>10</sup>

## **2.6 SALMUERA COMO SEGUNDO REFRIGERANTE**

El refrigerante que se evapora en los sistemas tanto de compresión de vapor como de absorción, se utiliza a menudo para enfriar un líquido que se utiliza luego para enfriar la carga final. Esta es, a menudo, la disposición utilizada en los grandes sistemas de aire acondicionado. El refrigerante que se ha evaporado circula a través de un enfriador de agua. El agua fría se distribuye entonces a los serpentines de enriamiento del aire acondicionado en los espacios que se deben enfriar. El líquido sometido a este tipo de aplicación se llama *enfriador secundario* o *refrigerante secundario*.

En el caso de refrigerantes principales como el amoníaco en la fabricación de hielo resulta conveniente utilizar un refrigerante secundario ya que el principal es tóxico. Aparte del agua, se utilizan a menudo soluciones de agua y otras sustancias, como enfriadores secundarios. Estas soluciones se conocen comúnmente como “salmueras”. Este nombre proviene del hecho de que una solución de cloruro de sodio y agua fue una de las primeras combinaciones utilizadas en la fabricación de hielo.

Las salmueras se utilizan como refrigerante secundario en lugar del agua debido a que su punto de congelación es por lo general mucho más bajo. Esto

---

<sup>10</sup> <http://www.fao.org/docrep/008/y5013s/y5013s04.htm>

las hace apropiadas para muchas aplicaciones de la refrigeración a baja temperatura, en donde es conveniente un enfriador líquido <sup>11</sup>

---

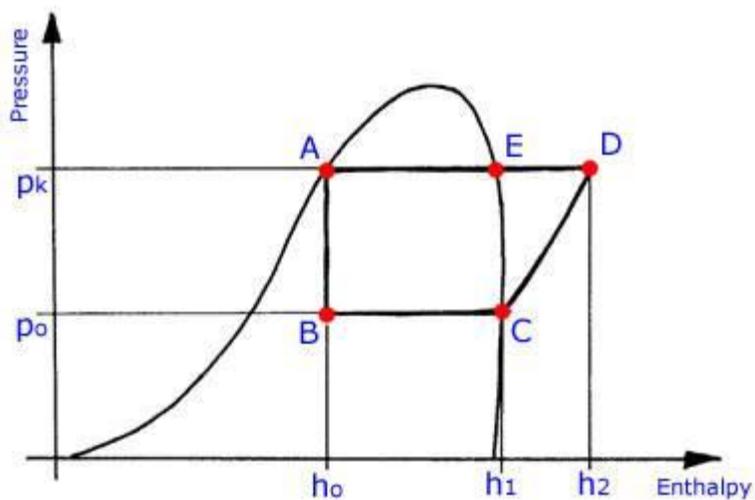
<sup>11</sup> William Pitta, Principios y sistemas de refrigeración cap. 9 pag. 217

## 2.7 INDICADORES DEL SISTEMA SIMPLE DE REFRIGERACION POR COMPRESION.

### Diagrama *presión-entalpía*.

La condición del refrigerante en cualquier estado termodinámico puede quedar representado por un punto de diagrama *ph*. El punto sobre el diagrama *ph* que represente a la condición del refrigerante para cualquier estado termodinámico en particular puede ser trazado si se conocen dos propiedades cualesquiera del estado del refrigerante. Una vez localizado el punto sobre el diagrama, podrán obtenerse de la grafica todas las demás propiedades del refrigerante para dicho estado.

Figura 10. *Diagrama presión-entalpía*



Tal como se muestra en el esquema del diagrama **ph**, la grafica es dividida en tres áreas separadas unas de otra por las líneas de liquido saturado y vapor saturado. Para cualquier punto de la región sub enfriada, el refrigerante está en la fase liquida y su temperatura es menor a la temperatura de saturación correspondiente a su presión. El área que esta a la derecha de la línea de vapor saturado es la región de sobrecalentamiento y el refrigerante esta en la forma de vapor sobrecalentado.

La sección del diagrama comprendida entre las líneas de liquido saturado y vapor saturado es la región de las mezclas y representan el cambio de fase del refrigerante entre las fases liquida y de vapor. Un punto cualquiera entre dos líneas de saturación representan a un refrigerante en la forma de mezcla liquido-vapor. La separación entre dos puntos a lo largo de cualquiera línea de presión constante, proporciona lecturas en la escala de entalpía colocada en la parte inferior del diagrama para obtener el calor latente de vaporización del refrigerante a dicha presión. Las líneas de liquido saturado y vapor saturado son con exactitud paralelas entre sí porque el calor latente de vaporización del refrigerante varia con la presión a la cual ocurre el cambio de fases.

Los valores de cualquiera de las diferentes propiedades del refrigerante, y que son importantes en el ciclo de refrigeración pueden leerse en forma directa en el diagrama **ph** desde cualquier punto de donde podrá obtenerse el valor de alguna propiedad que resulte ser muy importante para el proceso. Debido a

que el diagrama **ph** esta basado en 1 lb masa refrigerante, el volumen dado es el volumen especifico, la entalpía esta **Btu** por libra y la entropía en **Btu** por libra por grado de temperatura absoluta.<sup>12</sup>

### **Efecto refrigerante**

El aumento de la entalpia del refrigerante en el evaporador se conoce como **efecto refrigerante(E.R)** y se expresa en Btu/lb o kj/kg, se llama así debido a que representa asimismo la cantidad de calor removido del medio que se debe enfriar por cada libra o kilogramo de refrigerante que fluye. Esto se deduce de la ecuación de energía así, de la figura de entalpia

$E.R = h_c - h_b$  donde,

$h_c$  = entalpia del refrigerante a la salida del evaporado en Btu/lb.

$h_b$  = entalpia del refrigerante a la entrada del evaporador en Btu/lb.

El valor de la entalpia  $h_b$  a la entrada del evaporador, tiene el mismo valor que a la entrada de la valvula de expansión, ya que el proceso ocurre a entalpia constante.

---

<sup>12</sup> [www.mecanica.utonet.edu.bo/docentes/7103/.../UNIDAD%02.ppt](http://www.mecanica.utonet.edu.bo/docentes/7103/.../UNIDAD%02.ppt)

### **Trabajo del compresor**

El calor de compresión (C.C) se define como el aumento de la entalpia del refrigerante, como resultado de la compresión.

El valor de este es:

$$Q_c = h_d - h_c$$

Se requiere trabajo para accionar el compresor, a fin de comprimir el vapor refrigerante. Se deduce de la ecuación de energía, que la energía agregada al gas en forma de trabajo, aumenta en la misma cantidad el contenido de energía del refrigerante

### **Potencia del compresor**

Generalmente conviene más determinar la cantidad de potencia necesaria para accionar el compresor, que determinar el trabajo requerido. Esta potencia se puede hallar a partir del trabajo de compresión y de flujo másico, utilizando la siguiente ecuación:

$$P = W \times m, \text{ En donde}$$

P = potencia teórica requerida por el compresor de Btu/min

$W$  = trabajo de compresión en Btu/lb

$m$  = flujo másico lb/min

### **Calor rechazado en el condensador**

El calor rechazado  $Q_r$  se define como la cantidad de calor removido por libra de refrigerante, en el condensador. Este se obtiene de la diferencia de entalpías a la entrada y salida del condensador

Entonces,

$$Q_r = h_d - h_a, \text{ Btu/lb}$$

### **Coefficiente de desempeño (COP)**

Resulta conveniente tener una sola medición que describa con cuanta efectividad opera un equipo de refrigeración. El coeficiente de desempeño (COP), cumple este objetivo. Lo definimos como:

$$\text{COP} = (\text{capacidad de refrigeración}) / (\text{potencia suministrada al compresor}),$$

Ambos expresados en las mismas unidades

O también

$$\text{COP} = (\text{efecto refrigerante}) / (\text{trabajo del compresor}),$$

## **SECCION II MANTENIMIENTO**

### **3. MANTENIMIENTO ACTUAL EN LA PLANTA**

La empresa es relativamente pequeña si miramos el personal y los equipos con los que cuenta, esto es una ventaja ya que el enfoque de mantenimiento por parte del personal no es necesario, salvo mantenimientos rutinarios y daños pequeños metalmecánicos y de ajustes.

Por esta razón la empresa contrata personal de mantenimiento especial para el mantenimiento de los dos equipos más críticos de la planta como lo son los compresores.

Personal de operación: 8 trabajadores por turno

Personal de mantenimiento: 2 o 3 operarios que realizan estas labores

#### **3.1 Indicadores de mantenimiento**

Para establecer la etapa en la que se encuentra la empresa en mantenimiento nos basaremos en indicadores efectivos de mantenimiento, para lograr una mejor medición de las condiciones de ejecución del mantenimiento.

La labor de mantenimiento preventivo y el registro de fallas son muy escasos, es por eso que nos concentraremos en lo primordial que deben tener y con esto sentar una base en la empresa que les permita mejorar en este aspecto.

### **3.1.1 Políticas de mantenimiento**

Antes de comenzar a planear, ejecutar o proponer un cambio en la forma de realizar el mantenimiento es necesario un compromiso por parte de la junta directiva y/o gerencial de la empresa y que haya una visión y objetivos de mantenimiento, sin esto cualquier esfuerzo por llevar a cabo una gestión efectiva de activos será inútil.

Aquí cabe resaltar que aunque el mantenimiento en la empresa es reducido y es importante una gestión activa de mantenimiento en la que participe la parte directiva y operativa de la empresa, en Inversiones Paimana hay una clara falta de sociedad por parte de dirección y operación para resolver y ejecutar las tareas de mantenimiento de una forma más planeada y eficiente. Hasta ahora el mantenimiento se ejecuta es cuando el equipo falla o cuando afecta la operación y no cuando es necesario ejecutar el mantenimiento según un plan que se siga como referencia.

### **3.1.2 Historial de mantenimiento**

Para lograr un mantenimiento efectivo es imperativo tener un historial de mantenimiento de los equipos que incluya fallas, duración de las fallas, ocurrencia y como se resolvió esta.

En ese punto la empresa no cuenta con un historial de falla definido en un plan de trabajo o en registros físicos de este, el historial se reduce al conocimiento

de los operadores de la planta así que será necesario en adelante llevar un registro físico de las fallas y del mantenimiento realizado.

Pero aunque en un principio consideramos la posibilidad de implementar un programa o software para el registro de equipos, decidimos que mas importante que esto y primero que todo era crear la cultura en la persona que pensamos era la indicada para esta función, el jefe de operaciones de la empresa, ya que lo que pudimos observar es que aun cuando existen tablas manuales en la empresa para este fin, estas no tienen prácticamente nada registrado por lo cual lo importante aquí es la cultura de llevar buenas prácticas de mantenimiento y que se registre cada intervención que se le haga al equipo tan pronto ocurra. Es por esta razón que decidimos exponerle nuestro conocimiento sobre la importancia de llevar un historial de mantenimiento al encargado en la parte operacional y la relevancia que tiene un buen historial de mantenimiento en cualquier empresa y lo provechoso que es tenerlo al día y bien estructurado.

### **3.1.3 Levantamiento de Datos de los equipos**

Una vez realizado el historial o antes de comenzar este, es necesario tener todos los equipos registrados en bases de datos, las cuales contengan la descripción de la operación, fichas técnicas y de las partes más relevantes de los equipos.

Es este aspecto la empresa cuenta con información desactualizada de los registros y muy poca de las fichas técnicas, así que uno de las prioridades será la de crear las fichas y establecer los equipos críticos de la planta, para de esta forma completar un paso básico en la ejecución de cualquier programa de mantenimiento.

### **3.1.3 Codificación**

Aunque no cuenta con muchos equipos la empresa, si es necesario establecer un patrón de código y familiarizarse por parte de los trabajadores y personal, ya que es importante al momento de encargar repuestos y reportar fallas y hacer mucho más dinámico este trabajo.

Realizaremos una propuesta de codificación con el fin de sentar las bases para una mejor organización de mantenimiento en la empresa

### **3.1.4 Mantenimiento programado**

El mantenimiento programado se define como aquel que se basa en el tiempo o en fallas que se repiten con cierta frecuencia, este corresponde a uno de los principales tipos en cualquier empresa y básicos en cualquier industria.

A pesar de esto en la empresa solo cuentan con mantenimiento programado dos equipos, son estos, los compresores que tienen solo un mantenimiento general y un mantenimiento rutinario diario el cual consiste más que todo en la lubricación de los equipos y de chequear que las presiones de trabajo estén

dentro de lo normal, es por esto que propondremos recomendaciones de mantenimientos para estos y los demás equipos críticos de la planta , en los cuales sea necesario establecer un plan de mantenimiento programado.

En la planta el personal de mantenimiento como tal no existe, lo que si hay son operarios con tareas diarias de mantenimiento, la empresa cuenta con aprox 15 trabajadores en la parte operativa y los trabajos de rutina de mantenimiento es ejecutado por 5 de estos, que se turnan para hacer las labores de lubricación y si se da el caso algunos están preparados para hacer labores de reparaciones pequeñas que no incluyan invasión extrema al equipos, sino desajustes y daños eléctricos menores.

Los equipos como los condensadores no cuentan con un plan de mantenimiento ni seguimiento de este, de hecho el último mantenimiento ejecutado se hizo este mismo año y por sugerencia del jefe de operaciones que encontró los condensadores con demasiada concentración de suciedad e incrustaciones en los paneles, y se procedió a removerlos con agua comprimida dos semanas después.

Los tanques de amoniaco aunque parecieran no necesitar grandes esfuerzos de mantenimiento, si necesitan supervisión y frecuencias de limpieza y pintura por seguridad y porque así lo exigen las normas para el trato de este químico, entre nuestras propuestas se encontraran además de mantenimiento con recomendaciones de seguridad al momento de realizar operaciones de cargue

de amoniaco ya que es muy importante relacionar el aspecto de mantenimiento con seguridad , un equipo como este si no se toman las medidas necesarias puede ser muy peligroso a la hora de fugas y daños.

Actualmente en la empresa a los tanque y se les pinta anualmente la superficie para evitar la corrosión

## 4 PROPUESTA GENERAL DE MANTENIMIENTO EN INVERSIONES PAIMANA.

### 4.1 EQUIPOS

Tabla 3. Listado de equipos

LISTADO DE EQUIPOS 	
EQUIPO	UBICACIÓN
COMPRESOR DE PISTON	PLANTA PROCESO
COMPRESOR DE TORNILLO	PLANTA PROCESO
CHILLER	PLANTA PROCESO
CONDENSADOR	PATIO
CONDENSADOR 2	PATIO
BOMBA ALIMENTACION CONDENSADOR	PATIO
AGITADOR 1	PISCINA
AGITADOR 2	PISCINA

## 4.2 PROPUESTA DE CODIFICACION

Al momento de establecer un plan de mantenimiento es necesario sin importar el número de equipos con los que cuente la planta realizar una codificación general o específica de los equipos, con el fin de facilitar la logística de mantenimiento y repuesto de estos equipos.

El patrón utilizado por conveniencia en inversiones Paimaná será el siguiente:

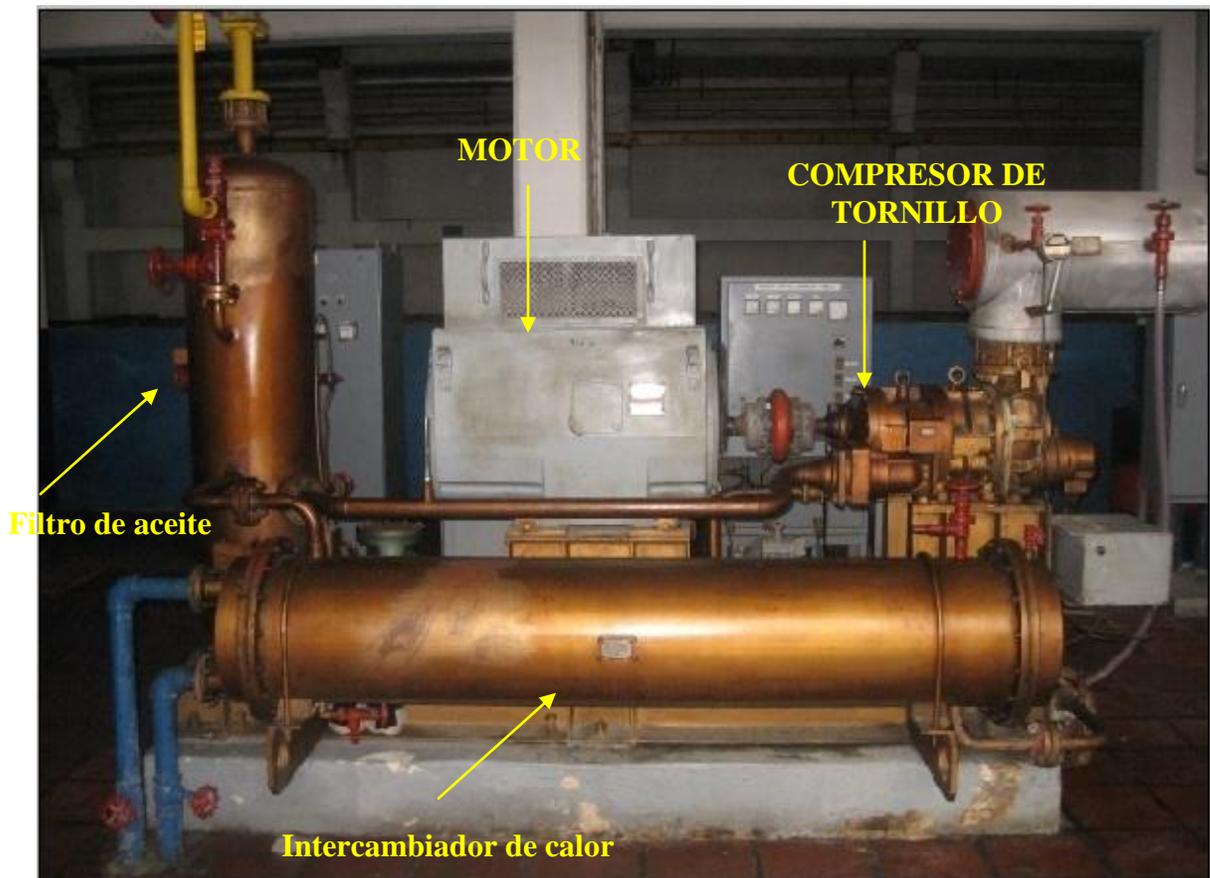
Planta y/o proceso--equipo--consecutivo	<b>XXX-XX-XX</b>
<b>Condensador</b> (patio)_____	<b>PAT-CR-01</b>
<b>Condensador</b> (patio)_____	<b>PAT-CR-02</b>
<b>Compresor de tornillo</b> (planta de proceso)_____	<b>PLA-CO-01</b>
<b>Compresor de pistón</b> (planta de proceso) _____	<b>PLA-CO-02</b>
<b>Enfriador</b> (cuarto de almacenamiento)_____	<b>ALM-EN-01</b>
<b>Chiller</b> (planta de proceso)_____	<b>PLA-CH-01</b>
<b>Agitador</b> (piscina 1)_____	<b>PSC-AG-01</b>
<b>Agitador</b> (piscina 2)_____	<b>PSC-AG-02</b>
<b>Tanque NH3</b> (planta de proceso)_____	<b>PLA-TK-01</b>
<b>Tanque NH3</b> (planta de proceso)_____	<b>PLA-TK-02</b>
<b>Bomba alimentación</b> (patio)_____	<b>PAT-PU-01</b>

#### 4.3 PROPUESTA DE FICHA TECNICA Y RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO DE EQUIPOS CRITICOS.

##### COMPRESOR DE TORNILLO

**Descripción de la operación:** este equipo hace parte del proceso de refrigeración de los bloques de hielo que se producen en la piscina 1 y se encarga de comprimir el amónico que viene de esta aumentando su presión y temperatura enviándolo hacia el condensador 1

**Figura 11.** Foto Compresor de tornillo



## FICHA TECNICA

### COMPRESOR DE TORNILLO

Tabla 4. Ficha técnica compresor de tornillo

FICHA TECNICA							
NOMBRE DEL EQUIPO			COMPRESOR DE TORNILLO				
UBICACIÓN		PLANTA DE PROCESO		CODIGO			
FABRICANTE		MYCOM		AÑO DE FABRIC.			
<b>DATOS TÉCNICOS EQUIPO</b>							
MODELO		N160SUD		SERIAL No		1652686	
CAPACIDAD (ton)		presion de trabajo		Leak(psig)		HYD(psig)	
				313		470	
<b>MOTOR</b>							
MARCA		TOSHIBA		CLASE		DCKN8	
Serial No		41046969		TIPO		TIKK	
Volt		440		Amp		170	
				kw		110	
RODAMIENTOS		L.S		6313C3		RPM	POLOS
		O.S		6313C3		3510	2
<b>EQUIPOS O ELEMENTOS ALTERNOS</b>							
BOMBA ACEITE		MARCA		MODELO		SERIAL No	
		MYCOM		M50PM		6930512	
OBSERVACIONES:							

## MANTENIMIENTO RECOMENDADO

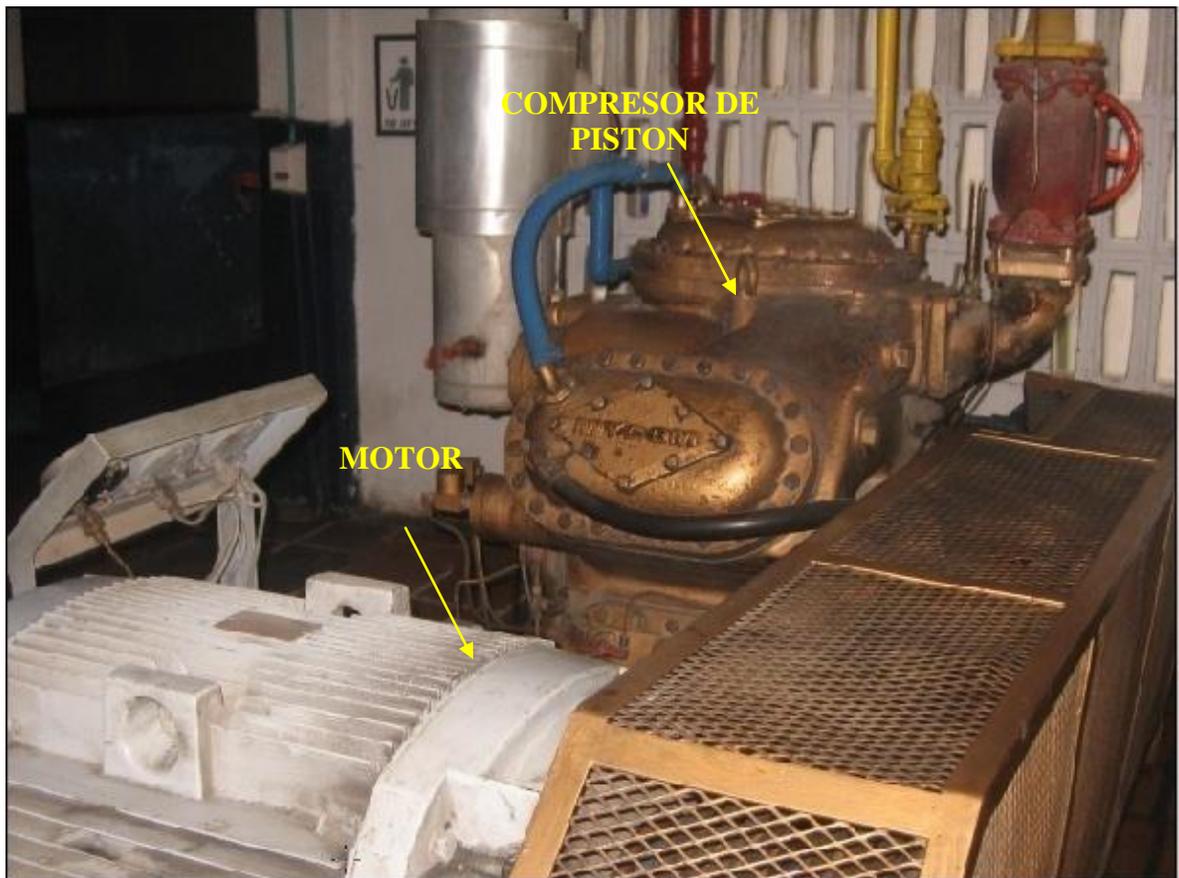
**Tabla 5.** Recomendación de mantenimiento compresor de tornillo

RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO	
EQUIPO	COMPRESOR DE TORNILLO
<b>MANTENIMIENTO DE RUTINA</b>	
FILTROS DE ACEITE	revisar diario
COMPRESOR	revisar presión y temperatura de operación
BOMBA DE ACEITE	revisar presión de trabajo
MOTOR DEL COMPRESOR Y BOMBA DE ACEITE	
FILTROS DE COMPRESOR Y BOMBA	
<b>5000 horas</b>	<p>chequeo y reparación (si es necesario) de los <b>sellos del eje</b> .</p> <p>revisar <b>descarga del compresor</b> y reportar fallos.</p> <p>retirar y limpiar el <b>colador de succión</b>.</p>
<b>10000 horas</b>	<p><b>rodamientos de compresor</b> -desmantelar y revisar .cambiar si es necesario.</p> <p><b>Bomba de aceite</b> desmantelar y revisar.cambiar si es necesario.</p> <p><b>aceite de compresor</b> . enviar muestras de aceite para revisión .</p> <p><b>separador de aceite</b>. descargar y limpiar</p>
<b>25000 horas</b>	<p><b>rodamientos de compresor</b> -desmantelar y revisar .cambiar si es necesario.</p> <p><b>O Rings</b> reemplazar</p> <p><b>overall</b></p>

## COMPRESOR DE PISTON

**Descripción de la operación:** este equipo hace parte del proceso de refrigeración de los bloques de hielo que se producen en la piscina 2 y se encarga de comprimir el amónico que viene de esta aumentando su presión y temperatura enviándolo hacia el condensador 2.

**Figura 12.** Foto compresor de pistón



## FICHA TECNICA

Tabla 6. Ficha tecnica compresor de piston

FICHA TECNICA						
NOMBRE DEL EQUIPO			COMPERSOR DE PISTON			
UBICACIÓN		PLANTA DE PROCESO		CODIGO		
FABRICANTE		MYCOM		AÑO DE FABRIC.		
DATOS TÉCNICOS EQUIPO						
MODELO		N6B		SERIAL No		18039
CAPACIDAD (ton)		presion de trabajo		Leak(psig)		HYD(psig)
				313		470
MOTOR						
MARCA		GENERAL ELECTRIC		CLASE		444T
Serial No		1F373057		TIPO		K
Volt		230		Amp		362
				HP		150
RODAMIENTOS		L.S				RPM
		O.S				1780
						FASES
						3
EQUIPOS O ELEMENTOS ALTERNOS						
		MARCA		MODELO		SERIAL No
OBSERVACIONES: GREASE CHEVRON SR12						

## MANTENIMIENTO RECOMENDADO

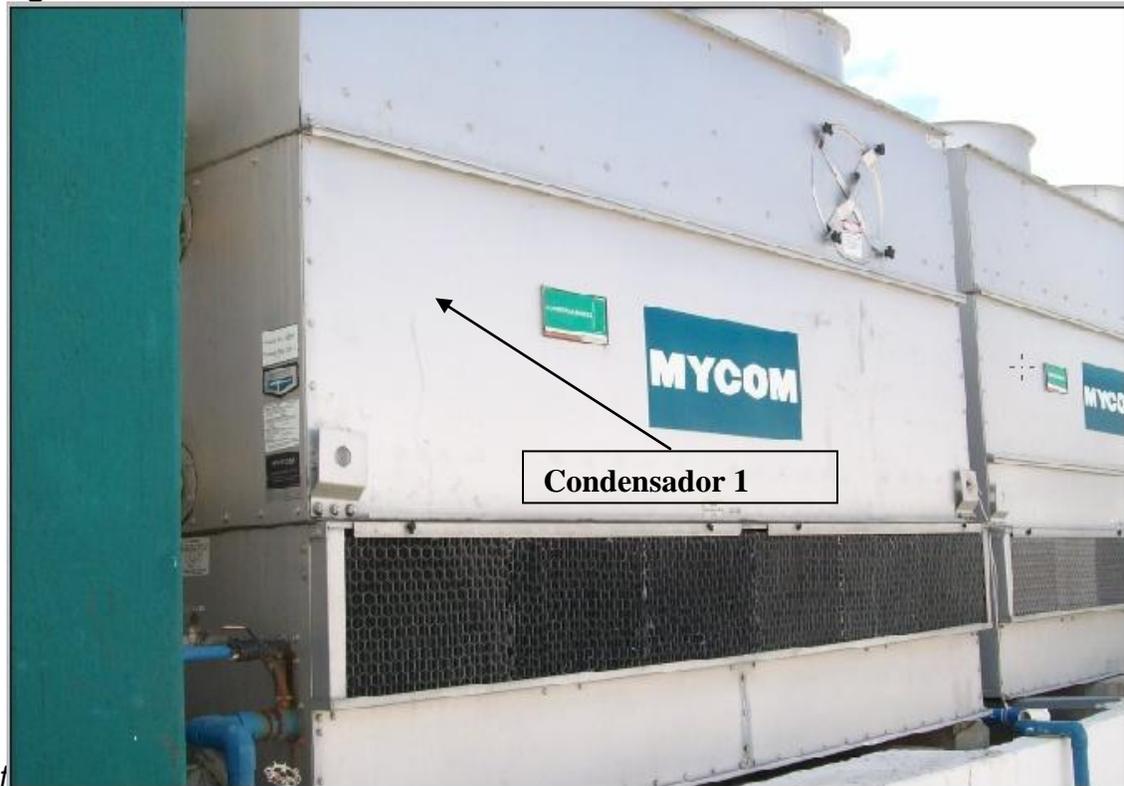
**Tabla 7. Recomendaciones de mantenimiento compresor de pistón**

RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO	
EQUIPO	COMPRESOR DE PISTON
<b>MANTENIMIENTO DE RUTINA</b>	
NIVEL DE ACEITE	revisar diario
COMPRESOR	revisar presión y temperatura de operación
PRESION DE ACEITE	revisar diario
MOTOR DEL COMPRESOR Y CORREAS	buscar sonidos extraños, vibración y desgaste
FILTROS DE COMPRESOR Y BOMBA	
<b>cada 6 meses</b>	<p><b>sellos</b> buscar fugas de aceite o refrigerante</p> <p>revisar <b>descarga del compresor</b> y reportar fallos.</p> <p>retirar y limpiar el <b>colador de succión</b>.</p>
<b>anualmente o al comienzo de la temporada</b>	<p><b>rodamientos de compresor</b> -desmantelar y revisar .cambiar si es necesario.</p> <p><b>Bomba de aceite</b> desmantelar y revisar.cambiar si es necesario.</p> <p><b>aceite de compresor</b> . enviar muestras de aceite para revisión .</p> <p><b>separador de aceite</b>. descargar y limpiar</p>

## CONDENSADOR 1 PATIO

**Descripción de la operación:** condensa el amoniaco extrayendo el calor y reduciendo su temperatura enviándolo hacia la piscina 1 a la válvula de expansión.

**Figura 13.** Foto condensadores



## CONDENSADOR 1

Tabla 8. Ficha técnica condensador 1

FICHA TECNICA					
NOMBRE DEL EQUIPO		CONDENSADOR			
UBICACIÓN	PATIO ALMACENAMIENTO	CODIGO			
FABRICANTE	EVAPCO	AÑO DE FABRIC.			
COMPRESOR					
MODELO	ATC-135B	SERIAL No	6-285666		
CAPACIDAD (ton)	10	COIL TEST PRESSURE			
		350			
MOTOR BOMBA					
MARCA	EMERSON		TIPO	UT-4	
MODELO	AN99	CATALOGO		UJ32S2AM9	
Volt	230	HZ	60	HP	1,5
		L.S		RPM	PH
		O.S		1735	3
EQUIPOS O ELEMENTOS ALTERNOS					
BOMBA	MARCA	HP	RPM	DESCRP.	
	EVAPCO	1 1/2	1750	3X3 BN-CARBON SEAL	
OBSERVACIONES:					

## CONDENSADOR 2

**Descripción de la operación:** condensa el amoniaco extrayendo el calor y reduciendo su presión y temperatura enviándolo hacia la piscina 2 para continuar con el ciclo de refrigeración enfriando la salmuera en la piscina.

**Figura 14.** Foto condensadores



## CONDENSADOR 2

Tabla 9. ficha técnica condensador 2

FICHA TECNICA						
NOMBRE DEL EQUIPO			CONDENSADOR			
UBICACIÓN		PATIO ALMACENAMIENTO		CODIGO		
FABRICANTE		EVAPCO		AÑO DE FABRIC.		
<b>CONDENSADOR</b>						
MODELO		ATC-165B		SERIAL No	5-282431	
CAPACIDAD (ton)				COIL TEST PRESSURE		
				350		
<b>MOTOR BOMBA</b>						
MARCA		EMERSON		TIPO	UT-4	
MODELO	AN99		CATALOGO		UJ32S2AM9	
Volt	230	HZ	60	HP	1,5	
		L.S			RPM	PH
		O.S			1735	3
<b>EQUIPOS O ELEMENTOS ALTERNOS</b>						
BOMBA		MARCA	HP	RPM	DESCRP.	
		EVAPCO	1 1/2	1750	3X3 BN-CARBON SEAL	
OBSERVACIONES:						

## **INSTRUCCIONES DE MANTENIMIENTO**

### **-LUBRICACION**

Abanico

Lubricar los rodamientos de la unidad de inducción del eje del abanico cada 1000 horas o cada 3 meses

Lubricar la unidad forzada del eje del abanico cada 2000 horas o cada 6 meses

Para esto usar cualquiera de las siguientes grasas

**Grasa Timken pillow block; Exxon polyrex; Chevron SRI**

## RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO

**Tabla 10.** *Recomendaciones de mantenimiento condensadores*

CHECK LIST DE MANTENIMIENTO		
EQUIPO	CONDENSADOR	
MENSUALMENTE	revisar la valvula de alivio para asegurar su operación normal	
	revisar el sistema de distribución de agua y patrones de rocío	
	revisar eliminadores de polvo	
	chequear abanicos en busca de daños en las hojas , desbalanceo y vibracion	
	revisar la tension el las correas	
	CADA 1000 HORAS	lubricar rodamientos del eje del abanico
	ANUALMENTE	limpiar paneles de filtracion de aire
revisar la base del motor de los abanicos y ajustar si es necesario		

## AGITADOR SALMUERA

**Descripción de la operación:** equipo encargado hacer circular la salmuera por toda el área de la piscina con el fin de que el calor extraído sea equivalente en todos los moldes

**Figura 15.** Foto agitadores de salmuera



## AGITADOR

Tabla 11. Ficha técnica agitador de salmuera

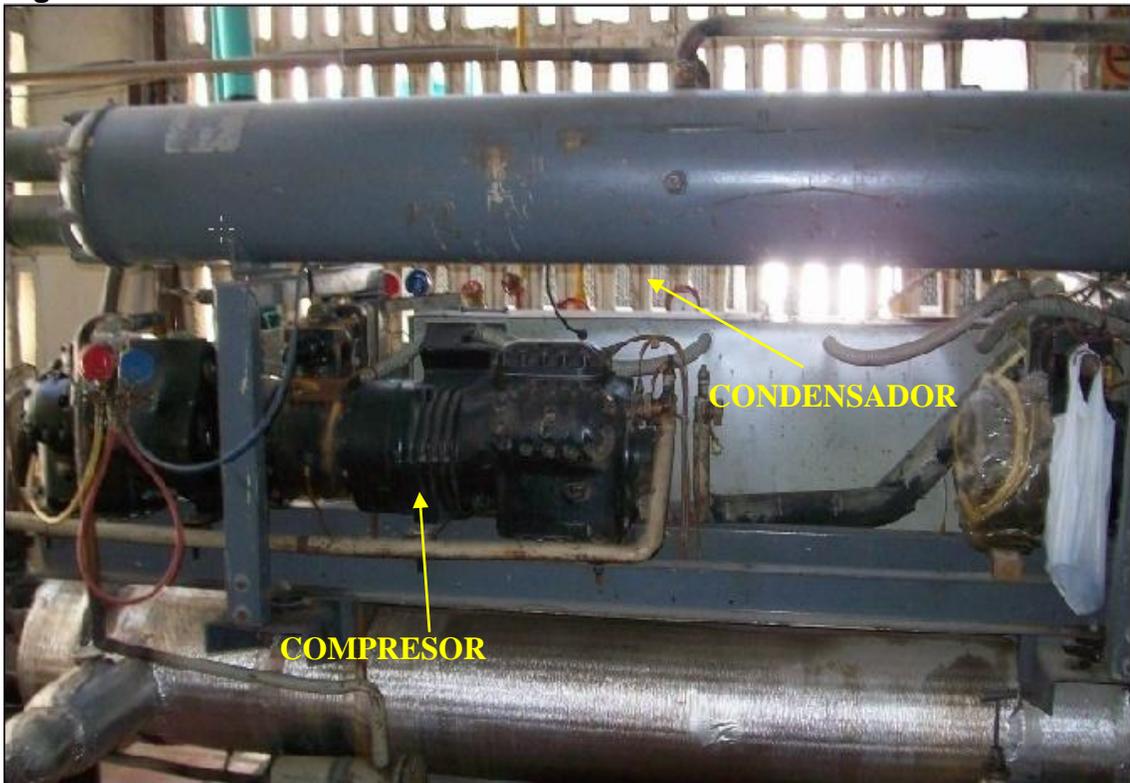
FICHA TECNICA						
NOMBRE DEL EQUIPO			AGITADOR			
UBICACIÓN		PISCINA 1		CODIGO		
FABRICANTE		AÑO DE FABRIC.				
MOTOR AGITADOR						
MODELO		ILA7		SERIAL No 134-4YA70		
FABRICANTE		SIEMENS		HP HZ AMP		
TIPO		TRIFASICO		15 60 21,5		
η		81,3		PESO 61,5		
Tn/Ta		62/111		FP 0,84		
Volt		440		HZ 60 PH 3		
RODAMIENTOS		LS		RPM		
		OS		1750		
EQUIPOS O ELEMENTOS ALTERNOS						
		MARCA		MODELO		
				SERIAL No		
OBSERVACIONES:						

\*El mantenimiento de este equipo corresponde a la sección mantenimiento motores eléctricos.

## CHILLER

**Descripción de la operación:** este equipo se encarga de enfriar el agua de entrada a los moldes de hielo con el fin de reducir su temperatura haciendo que en el proceso de congelación se necesite menos energía por bloque de hielo.

**Figura 16.** Foto chiller



## CHILLER

Tabla 12. Ficha técnica chiller

FICHA TECNICA						
NOMBRE DEL EQUIPO			CHILLER			
UBICACIÓN		PLANTA DE PROCESO		CODIGO		
FABRICANTE		AÑO DE FABRIC.		1978		
<b>CONDENSADOR</b>						
MODELO		209012E00		SERIAL No		3AJ00564
FABRICANTE		McQUAY		Max. Press	max.temp	HICKNESS
MATL.BD. No		5698		300 psi	300 °F	25
<b>COMPRESOR</b>						
MARCA		COPELAMETIE		MODELO		6RH1-3500-TSK
Serial No	SR0-F5K-12222		CAPACIDAD	35 ton	B/M	004
Volt	230	HZ	60	PH	3	
					F.L.A	L.R.A
					140	565
<b>EQUIPOS O ELEMENTOS ALTERNOS</b>						
		MARCA		MODELO		SERIAL No
<b>OBSERVACIONES:</b> REFRIGERANTE R-22						

## **MANTENIMIENTO RECOMENDADO**

Los tubos de los intercambiadores de calor del chiller deben ser mantenidos limpios y desobstruidos para garantizar un perfecto intercambio de calor. Si bien es difícil proponer un tiempo y frecuencia de mantenimiento si podemos establecer que cuando se afecte la transferencia de calor o las presiones de trabajo considerablemente estaremos al punto donde es necesario realizar una limpieza ya que lo más probable es que tengamos concentraciones de sucio, óxido etc. y este impidiendo el paso del flujo y por ende se estará perdiendo eficiencia en la transferencia de calor.

Para la limpieza de los tubos, puede ser utilizada una baqueta con una escoba redonda en la extremidad, que al ser introducida en los tubos, retira la suciedad acumulada.

NOTA: Para la limpieza de los tubos, retirar la tapa trasera del intercambiador de calor e introducir la escoba en los tubos.

En el caso de intercambio de calor aire-agua, es necesaria una limpieza periódica en las tabulaciones del radiador para retirar cualquier incrustación que pueda existir.

## TANQUE ALMACENAMIENTO NH3

**Descripción de la operación:** este equipo se encarga de almacenar y contener el amoniaco, parte fundamental en la mayoría de procesos industriales de refrigeración

**Figura 17.** Foto tanque NH3



## RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO

**Tabla 13.** *Recomendaciones de mantenimiento tanque NH3*

<b>TANQUE ALMACENAMIENTO NH3</b>	<b>RECOMENDACIONES DE MANTENIMIENTO</b>
<b>MENSUALMENTE</b>	limpiar exteriores casco ,remover impurezas
	revisar estado de valvulas
	revisar presion de trabajo
<b>ANUALMENTE</b>	inspeccion general del tanque , revisar si presenta corrosion o desprendimiento de pintura
	realizar limpieza general del tanque, verificando que no existan fugas
	agregar pintura anticorrosiva amarilla , en todo el tanque

## BOMBA ALIMENTACION

**Descripción de la operación:** equipo encargado de la alimentación de agua hacia los condensadores para la extracción del calor del amoniaco y así continuar el proceso normal de refrigeración

**Figura 18.** Foto Bomba alimentación



\*las bombas cuentan con equipos en stand by.

## BOMBA ALIMENTACION

### FICHA TECNICA

Tabla 14. Ficha técnica bomba alimentación condensadores

FICHA TECNICA					
NOMBRE DEL EQUIPO		BOMBA ALIMENTACION			
UBICACIÓN	PATIO		CODIGO		
FABRICANTE	CENTURY MOTORS	AÑO DE FABRIC.			
DATOS TECNICOS EQUIPO					
MODELO	SSPC	SERIAL No	02E7623		
TYPE	FR G56J	HP		RPM	
AMP	2	2		3510	
BOMBA					
MARCA	AMERICAN STAINLESS PUMP	PART	B 159365-03		
SIZE	1,5X2	TIPO	SC		
EQUIPOS O ELEMENTOS ALTERNOS					
	MARCA	MODELO	SERIAL No		
OBSERVACIONES: catalogo # C2433842T3					

#### **4.4 MANTENIMIENTO MOTORES ELECTRICOS**

En un mantenimiento de motores eléctricos, adecuadamente aplicado, se debe inspeccionar periódicamente niveles de aislamiento, la elevación de Temperatura (bobinas y soportes), desgastes, lubricación de los rodamientos, vida útil de los soportes, examinar eventualmente el ventilador, cuanto al correcto flujo de aire, niveles de vibraciones, desgastes de escobas y anillas colectoras.

El fallo de uno de los ítems anteriores puede significar paradas no deseadas del equipo. La frecuencia con que deben ser hechas las inspecciones, depende del tipo del motor y de las condiciones locales de aplicación.

La carcasa debe ser mantenida limpia, sin acumulo de aceite o polvo en su parte externa para facilitar el intercambio de calor con el medio.

Advertencia cuánto al transporte:

Los motores previstos con rodamientos de esferas o rodillos, siempre que necesiten ser transportado para revisión o mantenimiento, observar que el eje debe se debidamente trabado, a fin de evitar daños a los mancales. Utilizar el dispositivo de traba ofrecido juntamente con el motor

#### **4.4.1 LIMPIEZA**

Los motores deben ser mantenidos limpios, exentos de polvareda, detritos y aceites. Para limpiarlos, se debe utilizar escobas o trapos limpios de algodón. Si el polvo no es abrasivo, se debe emplear un soplete de aire comprimido, soplando la suciedad de la tapa deflectora y eliminando todo el acumulo de polvo contenido en las aletas del ventilador y en las aletas de refrigeración.

En los motores de anillos, el compartimiento de las escobas/anillas colectoras, nunca deberá ser limpiado con aire comprimido y si con un aspirador de polvo o con trapos humedecidos con solventes adecuados

Los restos impregnados de aceite o humedad pueden ser limpiados con trapos embebidos en solventes adecuados. Se recomienda una limpieza en la caja de conexión. Esta debe presentar los bornes limpios, sin oxidación, en perfectas condiciones mecánicas y sin depósitos de polvo en los espacios vacíos.

En ambiente agresivo, se recomienda utilizar motores con protección IP (W) 55.

#### **4.4.2 Revisión parcial**

- Drene el agua condensada.
- Limpie el interior de la caja de conexión.
- Inspección visual del aislamiento de las bobinas.
- Limpie las anillas colectoras
- Verificar las condiciones de la escoba.

#### **4.4.3 Revisión completa**

- Limpie las bobinas sucias con un pincel o escobilla. Use un trapo humedecido con alcohol o con solventes adecuados para remover grasa, aceite y otras suciedades que estén adheridos sobre las bobinas. Seque con aire seco.
- Pase aire comprimido por entre los canales de ventilación en el paquete de chapas del estator, rotor y soportes.
- Drene el agua condensada, limpie el interior de las cajas de conexión y de las anillas colectoras.
- Mida la resistencia del aislamiento

#### 4.4.4 Frecuencia de mantenimiento

**Tabla 15. Mantenimiento motores eléctricos**

MANTENIMIENTO MOTOR ELECTRICO					
COMPONENTE	DIARIAMENTE	SEMANALMENTE	CADA 3 MESES	ANUALMENTE	CADA 3 AÑOS
MOTOR COMPLETO	inspeccion de ruido y vibracion		drenar agua(si hay)	reapretar los tornillos	desmontar el motor verificar partes
BOBINAS DEL ESTATOR Y MOTOR				inspeccion visual medir resistencia del aislamiento	limpieza verificar la fijacion de las bobinas medir la resistencia del aislamiento
SOPORTES	control de ruido	reengrasar; respetar intervalos de placa de lubricacion			
CAJA DE CONEXIÓN A TIERRA				limpiar interior reapretar tornillos	limpiar interior reapretar tornillos
ACOPLAMIENTO		despues de la primera semana: verifique alineamiento y fijacion		verifique alineamiento y fijacion	verifique alineamiento y fijacion
DISPOSITIVOS DE MEDICION		registre los valores de la medicion			si es posible desmontar y hacer test de funcionamiento
FILTRO			limpie(cuando sea necesario)		
AREA DE VENTILADOR		control y limpieza si es necesario			
VENTILADOR		control de la superficie limpieza			

## **4.5 SEGURIDAD EN EL MANEJO DEL AMONIACO**

Responsabilidades de la planta y el operador

-Desarrollar un plan específico de seguridad en el sitio, que incluya emergencia y problemas menores.

-las mangueras de descarga deben ser compatible con el servicio de NH<sub>3</sub>

-asegurarse que las líneas de descarga están seguras y bien sujetas

-durante la descarga estar pendiente de los planes de emergencia

-asegurar las válvulas del tanque inmediatamente después de la descarga

### **3.5.1 Mangueras de descarga**

-las mangueras de descarga hacia el tanque deben cumplir el mismo requerimiento de cambio de los tanques, cada 5 años.

-se recomienda mangueras de acero inoxidable para las descarga.

### **3.5.2 Operación de válvulas**

-Abrir las válvulas de control para la descarga muy rápido puede causar exceso de flujo en estas y un posible mal funcionamiento al intentar cerrarla.

-Las válvulas manuales del tanque deben abrirse totalmente durante la descarga de amoniaco líquido.

-Las válvulas de alivio deben estar estampadas con la fecha de cambio.

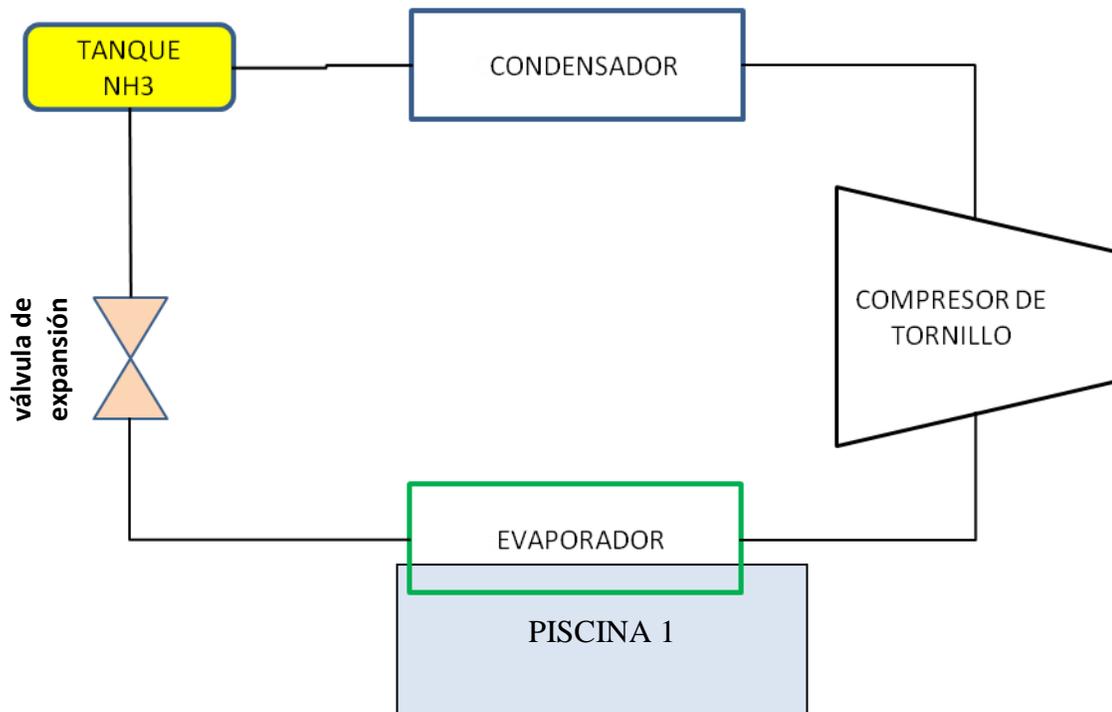
-extrema precaución debe ser tomada cuando use aditivos para evitar corrosión en las válvulas

## 5. CALCULOS DEL PROCESO DE COMPRESION DE AMONIACO PARA PRODUCCION DE HIELO

### 5.1 CICLO SIMPLE DE COMPRESION EN EL SISTEMA DE REGRIGERACION

SISTEMA  
1

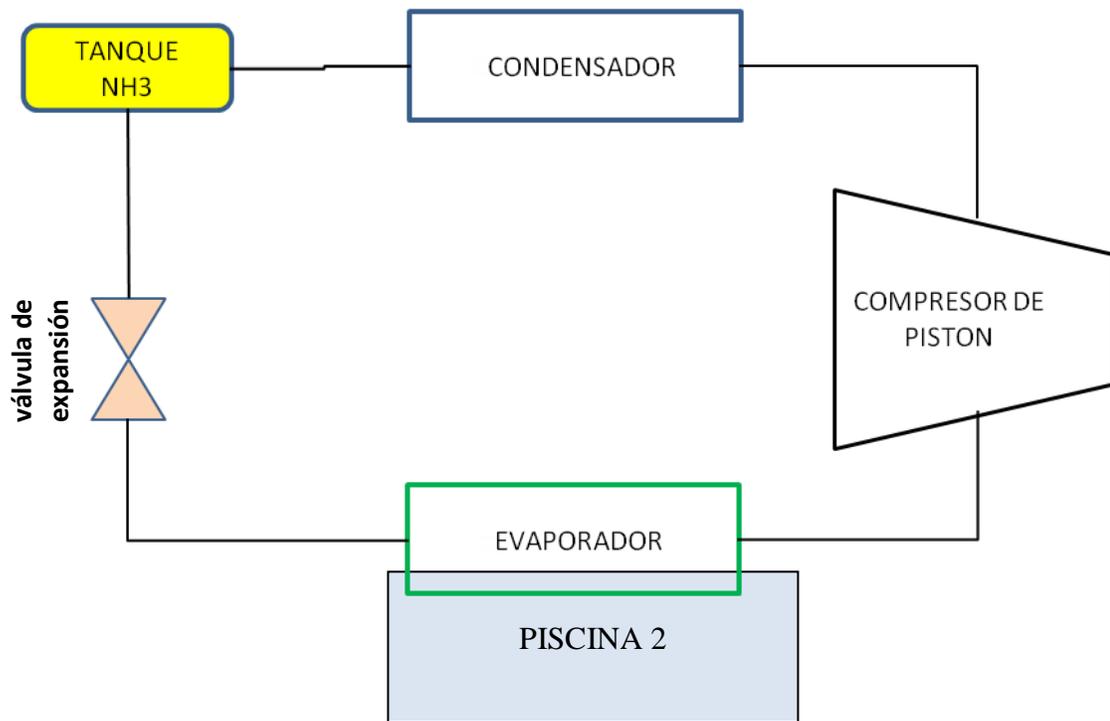
FIGURA 19



La función del sistema de refrigeración de Inversiones Paimaná, es de la extracción del calor de los moldes de agua para finalmente transformarlos en hielo, para esto disponen de dos piscinas donde se ubican los moldes en un baño de salmuera enfriada por el evaporador que se encuentra en el interior de cada piscina, la # 1 cuenta con una producción de 16 moldes x hr, en un total de 16 hr.

SISTEMA  
2

FIGURA 20



En el otro sistema de refrigeración de la empresa se trabaja con un compresor de pistón hacia la piscina No 2 que tiene una función similar al del sistema #1, en este la producción total llega a un máximo de 12 moldes x hora.

## PLANO SISTEMAS DE REFRIGERACION DE LA EMPRESA

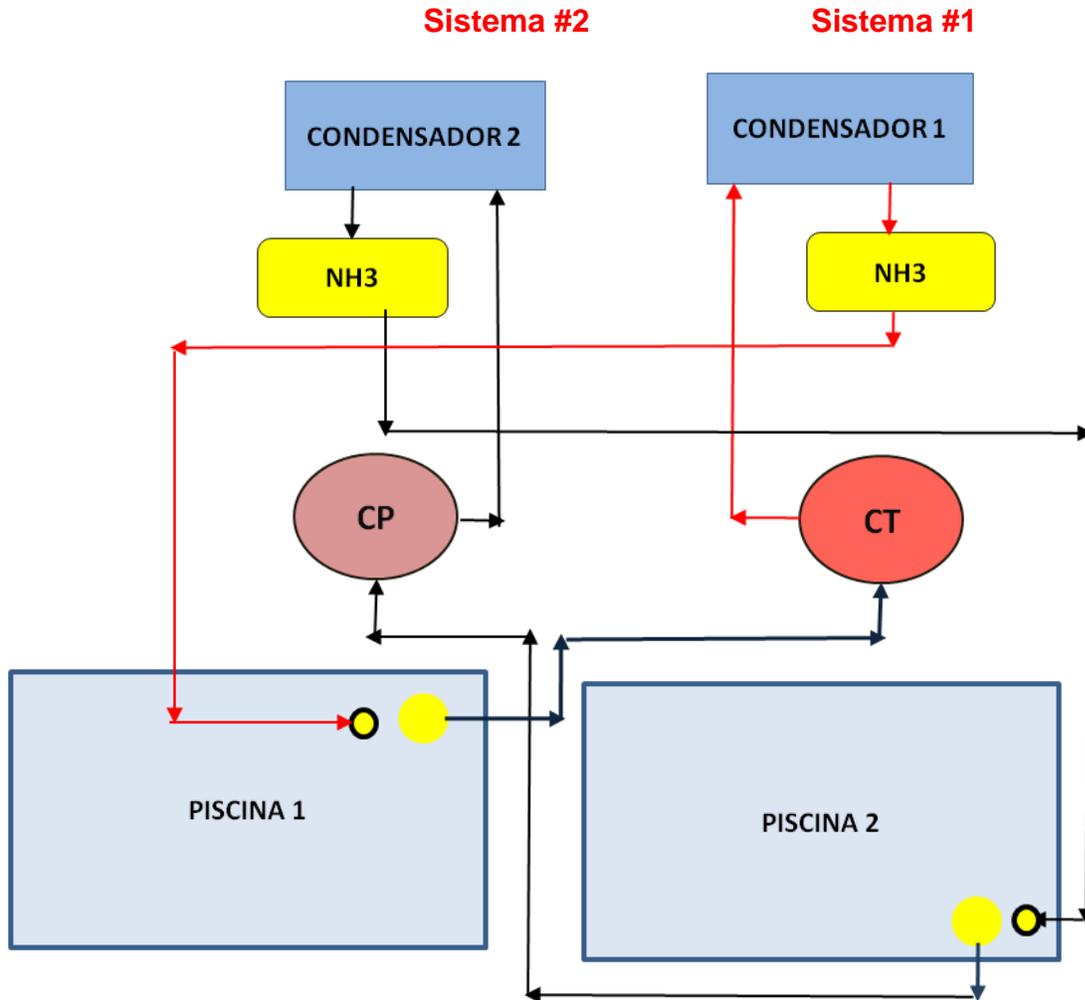


Figura 21.

CP, Compresor de pistón

CT, Compresor de tornillo

El refrigerante almacenado en el tanque de amoníaco de alta presión sale hacia las piscinas donde se encuentran ubicados los evaporadores, al evaporarse el amoníaco este va a cada uno de los compresores respectivamente, de ahí pasa a los condensadores donde su presión y temperatura es reducida y el vapor pasa a ser líquido

## 5.2 CALCULO INDICADORES

### Carga térmica del producto

En este caso el producto a congelar es agua para su conversión final en hielo, el proceso cuenta con dos sistemas de compresión de amoníaco como refrigerante el cual llega a los evaporadores ubicados cada uno en una piscina diferente, en esta se sumergen los moldes y después de un proceso de maduración del hielo de 24 horas se procede a sacar los bloques sólidos de hielo

El cálculo del calor removido de los productos para llevarlos a las condiciones de almacenamiento, depende de las condiciones iniciales y finales. Si el producto se enfría a una temperatura por encima del punto de congelación, la carga equivale al **calor sensible** por encima de congelación.

$Q_1 = m \times c_1 \times TC_1$ , donde

$Q$  = cantidad de calor removida del producto, Btu por 24 hr

$m$  = cantidad del producto enfriado, lb/24hr o lb.

$c_1$  = calor específico del producto por encima del punto de congelación, Btu/lb.

°F

$TC_1$  = cambio de la temperatura del producto por encima de la congelación, de la temperatura inicial a la temperatura final, °F.

Esta etapa de calor removido del producto la llamaremos  $Q_1$ .

Ahora para calcular el calor removido para congelar nuestro molde de agua entonces la carga se compone también del **calor latente de fusión** y el **calor sensible de enfriamiento** del producto congelado por debajo de la temperatura de congelación.

La remoción del calor latente para congelar el producto se determina a partir de la sgte ecuación:

$$Q_2 = m \times h_{if},$$

En donde  $Q$  y  $m$ , tienen el mismo significado anterior y  $h_{if}$ , es el calor latente de fusión del producto en Btu/lb.

Para hallar la remoción del calor sensible al enfriar el producto después de que este es congelado hasta la temperatura final, se utiliza una formula parecida a la que se uso para determinar  $Q_1$ , excepto que el calor especifico es el del producto congelado, y el cambio de temperatura es desde el punto de congelación hasta la temperatura final .

Entonces,

$$Q_3 = m \times c_2 \times TC_2,$$

En este caso  $c_2$  es el calor específico por debajo del punto de congelación

Y  $TC_2$  es el cambio de temperatura del producto desde el punto de congelación hasta la temperatura final.

El calor total a remover será entonces

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

## Demanda de frío

Tabla 16. *Propiedades del producto*

PROPIEDADES PRODUCTO	Agua		Hielo
	cp	$H_f$	cp
	1 BTU/lb °F	144 Btu/lb	0,5 BTU/lb °F

T inicial del agua: 28 °C, T de congelación: 0 °C

T final del producto: 0 °C

El agua que se encuentra en cada molde tiene una masa de **135 kg o 297 lb**

Primero determinamos el calor sensible por encima de congelamiento, este

Será igual a  $Q_1 = m \times c_1 \times TC_1$ ,

En este caso  $m = 297 \text{ lb}$ ,  $c_1 = 1 \text{ BTU/lb } ^\circ\text{F}$  y

$TC_1 = (T \text{ inicial del agua} - T \text{ de congelación})$

$$Q_1 = 297 \text{ lb} \times 1 \text{ BTU/lb } ^\circ\text{F} \times (98 - 32) ^\circ\text{F}$$

$$Q_1 = 19602 \text{ BTU por espacio de 24 horas, } Q_1 = 19602 \text{ BTU} / 24 \text{ hr}$$

$$Q_1 = 816 \text{ Btu/hr, enTR,}$$

$$Q_1 = 816 \text{ Btu/hr} \times 1 \text{ TR} \cdot \text{hr} / 12000 \text{ Btu}$$

$$Q_1 = 0.068 \text{ TR, por molde de agua}$$

Ahora resolvemos la ecuación para el calor latente de congelamiento

$Q_2 = m \times h_{if}$ , la masa es igual y reemplazando del valor de  $h_{if}$ , tenemos:

$$Q_2 = 297 \text{ lb} \times 144 \text{ Btu/lb}$$

**$Q_2 = 42768 \text{ BTU}$** , por 24 horas:

$$Q_2 = 1782 \text{ Btu/hr, en TR}$$

$$Q_2 = 1782 \text{ Btu/hr} \times 1 \text{TR} \cdot \text{hr} / 12000 \text{ Btu}$$

$$Q_2 = 0.1485 \text{ TR}$$

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 = 0.068 \text{ TR} + 0.1485 \text{ TR} = \mathbf{0.2165 \text{ TR}}$$
, por molde

Ahora basta con multiplicar por el número de moldes en cada piscina para determinar las TR por sistema.

**Tabla 17. Propiedades compresores**

COMPRESOR DE TORNILLO					
REFRIGERANTE AMONIACO					
TR	HP	p(succion)kg/cm2	T(sucion)°C	P(desarga)kg/cm2	T(decarga)°C
67	150	1,3	-15	12,5	65
COMPRESOR DE PISTON					
REFRIGERANTE AMONIACO					
TR	HP	p(succion)kg/cm2	T(sucion)°C	P(desarga)kg/cm2	T(decarga)°C
55	100	1,3	-16	14	137

A continuación analizaremos la capacidad de uso de cada compresor y las toneladas de refrigeración demandadas de los moldes de agua, ya que, la capacidad total del sistema será el número de moldes de agua netos a congelar.

Sabemos que el número de molde de la piscina 1 es de 642 y el de la piscina 2 es de 477, pero la producción de la empresa es la sgte:

**Piscina #1: (16 moldes x hora) x 2 turnos de 8 horas = 256 bloques de hielo**

**Piscina #2: (12 moldes x hora) x 2 turnos de 8 horas = 192 bloques de hielo**

**TR1 = toneladas de refrigeración del sistema 1**

**TR2 = toneladas de refrigeración del sistema 2**

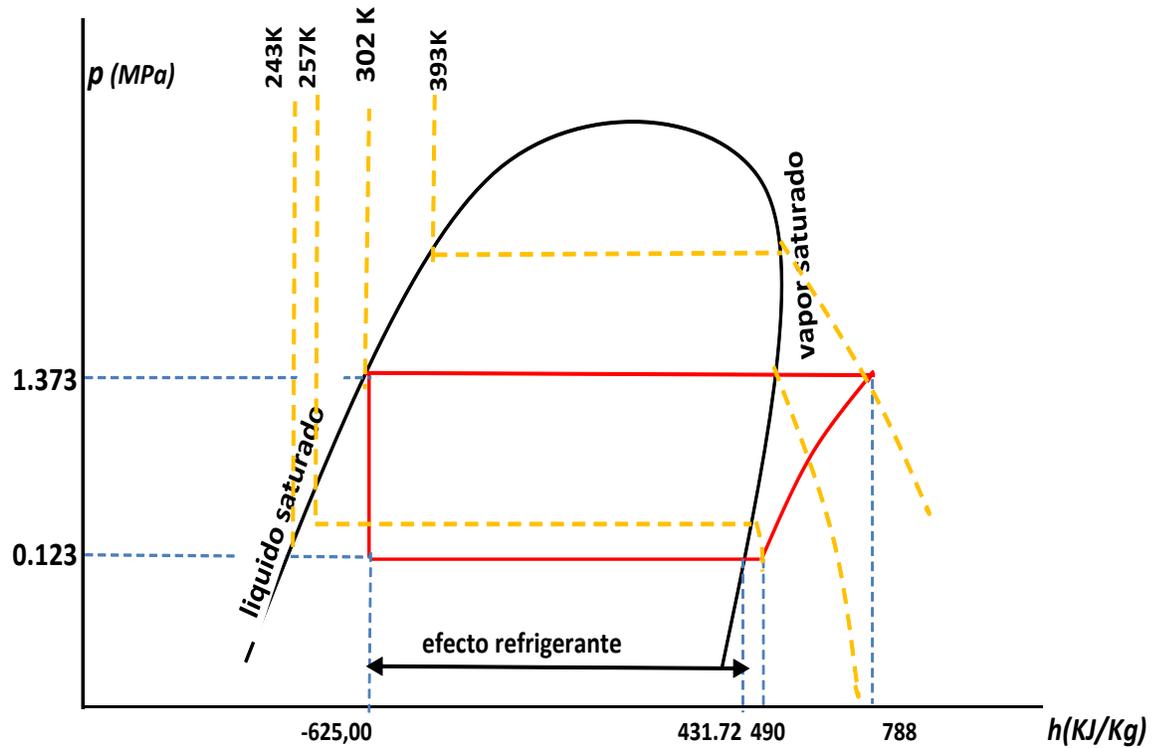
**Qtotol x molde en ton de refrigeración = 0.2165 TR**

**TR1 = 0.2165 \* 256 = 55, 42 TR**

**TR2= 0.2165 \* 192 = 41,56 TR**

## Diagrama p-h del compresor del sistema #1

Figura 22.



Primero determinamos el efecto refrigerante como se muestra,

$$Q_e = (h_{sal} - h_{ent})$$

$$Q_e = (625 - 431.72) \text{ kJ/kg}$$

$$Q_e = 193.28 \text{ kJ/kg} = 82.97 \text{ Btu/lb (ideal)}$$

El real sería

$$Q_e = 625 - 490 = 135 \text{ kJ/kg} = 58.03 \text{ Btu/lb}$$

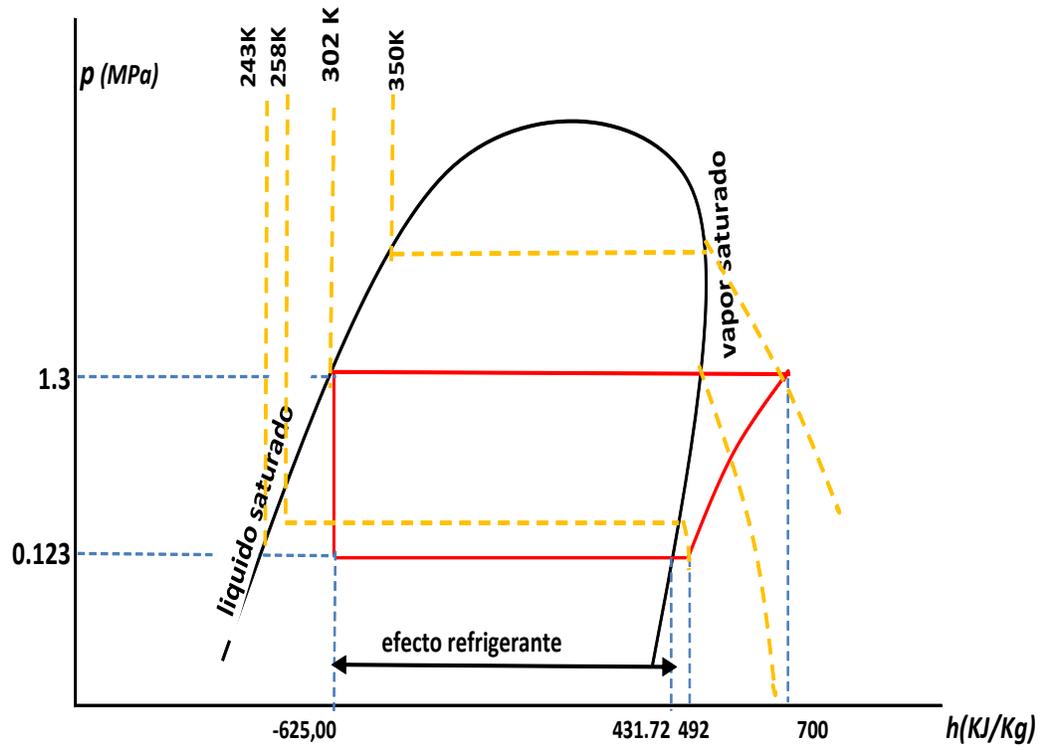
El trabajo del compresor es

$$W_c = (788 - 490)$$

$$W_c = 298 \text{ kJ/kg} = 128.11 \text{ Btu/lb}$$

## Diagrama p-h del compresor del sistema #2

Figura 23.



En este caso el efecto refrigerante real será:

$$Q_e = (h_{sal} - h_{ent})$$

$$Q_e = (625 - 492)$$

$$Q_e = 133 \text{ kJ/kg} = 57.17 \text{ Btu/lb}$$

El trabajo del compresor será:

$$W_c = (700 - 492)$$

$$W_c = 208 \text{ kJ/kg} = 89.42 \text{ Btu/lb}$$

## **Coeficiente de desempeño**

### **Sistema #1**

COP = (efecto refrigerante)/ (trabajo del compresor),

$$\text{COP}_1 = 58,03/128.1 = 0,45$$

### **Sistema #2**

$$\text{COP}_2 = 57.17/89.42 = 0,63$$

Es mandatorio una evaluación del sistema de compresión 1 ya que el desempeño de este está por debajo del 50%

### 5.3 VALORACION ECONOMICA DE LA OPERACIÓN

El costo que tiene la operación pretende mostrar la importancia que tiene el consumo eléctrico dentro de la empresa y el gasto que este representa en la empresa para tener una cuantificación de lo importante que son las medidas energéticas que se tomen a futuro en Inversiones Paimaná.

Costo Kw promedio Inversiones Paimaná: \$257 pesos colombianos. x horas

El cálculo del costo se basa en el consumo de los motores de ambos compresores tanto el de pistón como el de tornillo, ya que dentro de la operación son los que más consumo tienen y los que más potencia necesitan.

Consumo compresor de tornillo: 112 Kw

Consumo compresor de pistón: 72 Kw

Operación de equipos: 16 horas diarias

Trabajo por 30 días: 480 horas/mes

Costo operación compresor de tornillo:  $480 \text{ h} * 112 \text{ Kw} * 257 \text{ \$/h*Kw}$

Costo operación compresor de pistón: 13 816 320

Ahora hacemos el mismo procedimiento para el compresor de pistón

Costo operación compresor de pistón:  $480 * 72 * 257$

Costo operación compresor de pistón: \$ 8 881 920

Para Inversiones Paimaná el costo total mensual promedio de operación de los compresores es de: \$ **22 698 240**.

Este valor representa aproximadamente el 60 % del consumo total de la planta, he aquí la importancia de un buen manejo de la energía y un plan energético eficiente que busque reducir costos operacionales hasta su nivel mas optimo.

## **6. CONCLUSIONES**

Se pudo observar que la empresa cuenta con un programa de mantenimiento programado solo en los compresores teniendo en cuenta que son los equipos más críticos de la empresa, pero se están descuidando los demás equipos estáticos por lo cual consideramos necesario e imperativo seguir las recomendaciones propuestas en este trabajo con respecto a estos con el fin de evitar fallas prevenibles.

El mantenimiento es una labor que involucra como se pudo observar muchas disciplinas y conocimientos, pero esta por parte de la empresa dar la última palabra, y la primera muestra de cambio tiene que venir desde los que dirigen las empresas ya que ellos deben convertir el mantenimiento en una política efectiva y buscar formas de siempre mejorar en este aspecto, y finalmente verlo como una inversión y no como un gasto.

Es importante siempre evaluar el mantenimiento desde otras disciplinas, como en este caso el análisis de eficiencia refrigeración ya que propone una visión más específica de los elementos técnicos que componen el mantenimiento y la importancia de estos para un mejor enfoque del mantenimiento.

## **7. RECOMENDACIONES**

La primordial recomendación que se puede hacer después de realizado un diagnóstico en la empresa en relación a el estado del mantenimiento es que es necesaria una política de mantenimiento por parte de esta, donde el mantenimiento sea planificado y evaluado seriamente

Creemos que importante un seguimiento a los daños y fallas observadas en los equipos, un registro apropiado de esta donde se determinen causas y estén sean analizadas por el personal a cargo, ya que, hasta ahora no se ha hecho y la única consecuencia de esto son más gastos evitables de mantenimiento.

las propuestas hechas en este trabajo representan una base en la forma de ejecutar el mantenimiento en la empresa y además da una guía hacia donde debe dirigirse, el mantenimiento es una tarea que puede resultar sencilla y en este caso tienen todo para convertirlo en una ganancia posterior con inversiones mínimas donde lo único que se requiere es voluntad para hacer las cosas diferentes.

El análisis frigorífico nos ayuda a entender mejor el sistema y la operación de los equipos, y a mejorar el rendimiento de estos y utilizarlos eficazmente. En ambos sistemas uno y dos observamos temperaturas altas de succión lo cual provoca que el vapor que entra al sistema este lejos de la región saturada y se

quiere en este caso lo menos sobrecalentado posible para no tener problemas de mezcla en el compresor y de lubricación pobre.

Ambos coeficientes de desempeño (COP), están algo por debajo de lo deseado pero creemos importante revisar el del sistema 1 que está por debajo del 50 % , esto dará a la empresa una mejor eficiencia en sus equipos y por lo tanto un trabajo en mejores condiciones.

En la parte de tuberías y aislamiento consideramos necesario una evaluación de pérdidas en cada una de las secciones de entrada de vapor al compresor y revisar el contenido de este en los equipos ya que, con esto se podrían evitar problemas de lubricación que serían evitables en un futuro

## 8 .REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Mantenimiento preventivo, Memorias de Minor de mantenimiento 2007.

Mantenimiento equipos de refrigeración, Catalogo de mantenimiento de MYCOM.

Principios y sistemas de refrigeración, Edward G Pitta, Ed Limusa

Principles of refrigeration. Third Edition, Dossat Roy. Prentice Hall

Mechanical handbook of air conditioning and refrigeration. 2<sup>nd</sup> Edition Mc Graw Hill

National Institute for Occupational Safety and Health, publication 93-191, April 1993

<http://www.nasdonline.org/docs/d001001-d001100/d001021/d001021.html>

Blanco, Santiago. El hombre de mantenimiento  
Medicina de Sistemas - El futuro concepto de Mantenimiento.  
Rogerio Arcuri, Nelson Cabral.v

<http://www.aciem.org/bancoconocimiento/e/elhombredemantenimiento/elhombredemantenimiento.asp->

Javier Galván Mantenimiento y eficiencia energética,. Artículos ACIEM,

<http://www.aciem.org/.../Elmantenimientoylaeficienciaenergetica/Elmantenimientoylaeficienciaenergetica.asp?>

Botana, Ramón. Criterios para la elección del compresor frigorífico

<http://www.mayekawa.es/Criterios.html>

El hielo en las pesquerías, Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación.

<http://www.fao.org/docrep/008/y5013s/y5013s04.htm>

