



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO

**“ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE MANTENIMIENTO Y
PROCEDIMIENTOS PARA EL ARRANQUE, OPERACIÓN Y PARADA
DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL CON AMONÍACO,
EN EL ÁREA AVÍCOLA”**

FABIÁN CAJO

JOSÉ YUCTA

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA – ECUADOR

2009

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación Tecnológica establecido en la facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos – científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Segundo Fabián Cajo Yumisaca

Segundo José Yucta Montero

AGRADECIMIENTO

Un profundo agradecimiento a la FACULTAD DE MECÁNICA y en especial a la Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, por el apoyo brindado durante nuestros estudios, y a todas las personas que siempre estuvieron dispuestos a compartir su tiempo, conocimientos y experiencias.

Los Autores

DEDICATORIA

A Dios sobre todas las cosas, a mis padres, mi familia, y a todas y cada una de las personas que han apoyado directa e indirectamente la realización de este trabajo.

José

A mi MADRE que es el mejor apoyo que Dios me ha dado desde el inicio de mis estudios y a mis HERMANOS que supieron brindarme su apoyo moral y espiritual.

Fabián

TABLA DE CONTENIDOS

<u>CAPÍTULO</u>	<u>PÁGINA</u>
1. GENERALIDADES	
1.1. Introducción.....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
2. MARCO TEÓRICO	
2.1. Definiciones.....	5
2.2. Clases de Sistemas de Refrigeración.....	11
2.3. Amoniaco: Uso Industrial.....	15
2.4. Entrenamiento del Personal en General.....	18
2.5. Posibles Problemas en el Sistema... ..	18
3. FUNDAMENTOS CONSTRUCTIVOS DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	
3.1. Sistemas de Refrigeración.....	26
3.2. Recipiente a Presión y Tuberías.....	44
4. PARTES DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	
4.1. Compresor.....	70
4.2. Condensador.....	81
4.3. Evaporadores.....	86
4.4. Control de Flujo.....	91
4.5. Accesorios Mecánicos.....	94
4.6. Accesorios de Control y Seguridad.....	101
4.7. Equipos Auxiliares.....	115

5.	SELECCIÓN, INSTALACIÓN, ARRANQUE Y PARADA DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	
5.1	Selección de Parámetros a Considerar.....	117
5.2	Instalación de los Componentes del Sistema.....	134
5.3	Limitaciones Sala de Máquinas.....	138
5.4	Arranque y Parada del Sistema de Refrigeración.....	157
5.5	Cámara de Conservación de Congelado.....	165
6.	MANTENIMIENTO	
6.1	Mantenimiento Preventivo de Equipos de Refrigeración.....	185
6.2	Plan de Mantenimiento Preventivo.....	187
6.3	Trabajos Específicos de Mantenimiento.....	197
6.4	Mantenimiento Correctivo.....	224
6.5	Medidas de Seguridad Personal.....	225
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1	Conclusiones.....	231
7.2	Recomendaciones.....	232

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

BIOGRAFÍA

LISTA DE TABLAS

<u>TABLA</u>		<u>PÁGINA</u>
1.	Características del Amoníaco.....	15
2.	Variación de presión y volumen.....	16
3.	Efectos fisiológicos del vapor de Nh3 en aire.....	17
4.	Capacidad frigorífica de los compresores.....	32
5.	Comparación del rendimiento de un compresor.....	33
6.	Requerimientos de energía para un compresor.....	34
7.	Diferencia de capacidad.....	40
8.	Incremento de capacidad.....	42
9.	Distancia mínima a tanques o depósitos de amoníaco.....	49
10.	Aceros recomendados para diferentes temperaturas.....	56
11.	Cargas generales.....	57
12.	Esfuerzos admisibles en función de las cargas.....	67
13.	Características que deben cumplir los aceites.....	81
14.	Volumen de agua para los diferentes compresores.....	81
15.	Capacidad frigorífica.....	88
16.	Coefficiente corrector según el refrigerante.....	90
17.	Presiones de descarga de válvulas de seguridad.....	111
18.	Criterios para selección de un refrigerante.....	123
19.	Criterio para la selección del aceite para compresores.....	128
20.	Factor de corrección.....	129
21.	Selección del condensador evaporativo.....	130
22.	Determinación de factor Fs.....	131
23.	Selección de evaporadores.....	131
24.	Determinación del factor FR.....	132
25.	Dimensiones recibidor.....	133
26.	Distancia según capacidad de compresores.....	141
27.	Distancia según los diámetros de las trampas.....	142
28.	Valores máx. y min. recomendados para el montaje de evaporador.....	156
29.	Presión de los refrigerantes.....	158
30.	Cambio de aceite recomendados.....	162
31.	Orden de arranqué.....	165

32.	Parámetros de funcionamiento del compresor de congelado.....	167
33.	Parámetros de funcionamiento de cámaras.....	167
34.	Horarios de descongelamientos.....	168
35.	Parámetros de funcionamiento del compresor de blast freezer.....	174
36.	Parámetros de funcionamiento de las cámaras (túneles).....	174
37.	Tiempos de descongelamiento (túneles).....	174
38.	Orden de arranque de las bombas de líquido.....	175
39.	Parámetros de funcionamiento del compresor de Máq. de Hielo.....	179
40.	Parámetros de funcionamiento de la Máquina de Hielo.....	180
41.	Valores máximos recomendados en Torres de Condensación.....	198
42.	Clasificación de la dureza del agua.....	199
43.	Parámetros estándar del cigüeñal.....	206

LISTA DE FIGURAS

<u>FIGURA</u>	<u>PÁGINA</u>
1. Ciclo ideal de refrigeración.....	8
2. Diagrama de Moller, Presion – Entalpía.....	10
3. Expansión.....	12
4. Inundado.....	13
5. Recirculado.....	14
6. Formación de incrustaciones.....	20
7. Impacto de la formación de la incrustación en los equipos.....	21
8. Capacidad del compresor.....	22
9. Incrustación en tubos.....	24
10. Impacto de la temperatura de condensación.....	25
11. Impacto de la temperatura de succión.....	36
12. Enfriamiento de aceite por inyección de líquido.....	38
13. Enfriamiento de aceite por termosifón.....	39
14. Diferencia de capacidad.....	40
15. Sistema con economizador.....	41
16. Curva característica con economizador.....	42
17. Recipientes a presión y tuberías.....	45
18. Tubería para refrigeración industrial.....	63
19. Compresor reciprocante.....	71
20. Compresor de doble escalón.....	72
21. Mecanismos de compresión.....	73
22. Sección del conjunto válvula de aspiración.....	74
23. Sección de descarga.....	75
24. Mecanismo de descarga.....	76
25. Tapa de descargador con válvula.....	76
26. Bomba de aceite.....	77
27. Filtro tipo cunco.....	78
28. Válvula reguladora de presión de aceite.....	78
29. Visor de nivel de aceite.....	79
30. Serpentín virola.....	80
31. Condensador evaporativo.....	83

32.	Componentes de un condensador evaporativo.....	84
33.	Evaporador.....	86
34.	Valor factor F.....	89
35.	Factor de corrección.....	90
36.	Válvula de expansión electrónica.....	92
37.	Válvula de expansión termostática.....	93
38.	Válvula de expansión manual.....	93
39.	Recibidor de líquido.....	95
40.	Trampa de succión.....	96
41.	Intercooler.....	96
42.	Separador de aceite.....	97
43.	Economizador.....	97
44.	Válvula solenoide.....	98
45.	Válvula reguladora de presión.....	99
46.	Válvula de 3 vías.....	99
47.	Válvula check.....	100
48.	Tubería.....	101
49.	Controles de un compresor, lado no acoplado.....	103
50.	Controles de un compresor, lado acoplado.....	104
51.	Controles de una trampa de succión.....	104
52.	Arrancador suave.....	106
53.	Variador de velocidad.....	106
54.	Controlador de temperatura.....	107
55.	Instalación del controlador de temperatura.....	108
56.	Sensor de presión.....	109
57.	Válvula de seguridad.....	110
58.	Sensor de temperatura.....	112
59.	Switch flotador de nivel.....	113
60.	Microprocesador.....	114
61.	Diagrama para la selección de evaporadores.....	131
62.	Ubicación de compresores y trampas de succión en la sala de máquinas.....	140
63.	Ubicación y dimensiones min. de la sala de máquinas para compresores....	141
64.	Ubicación y dimensiones min. de la sala de máquinas para trampas.....	142

65.	Ubicación y dimensiones min. de la altura de la sala de máquinas.....	143
66.	Altura de bases para compresores y trampas.....	144
67.	Alineamiento del motor y compresor.....	146
68.	Tensor de bandas.....	147
69.	Dimensiones de bases para condensadores evaporativos.....	148
70.	Empaque para juntas condensadores.....	150
71.	Eliminadores de arrastres de gotas.....	151
72.	Forma de incrustación.....	152
73.	Formas correctas de reducciones concéntricas y excéntricas.....	154
74.	Trampa de líquido.....	154
75.	Espacio mínimo entre evaporadores.....	156
76.	Sistema Conservación de Congelado.....	168
77.	Sistema Blast freezer.....	175
78.	Sistema Máquina hielo.....	180
79.	Puntas para obtener muestras de agua en condensadores evaporativos.....	198
80.	Esquema de ablandamiento típico.....	200
81.	Elementos expuestos a desgaste.....	201
82.	Cabezal de enfriamiento con sedimentos.....	202
83.	Elementos de cigüeñal.....	205
84.	Conjunto prensa.....	207
85.	Elementos de cabezal y enfriador de aceite.....	209
86.	Distribuidor de agua.....	211
87.	Intercambiador de calor.....	212
88.	Purga de aceite.....	218
89.	Reporte termográfico del tablero de evaporadores.....	224
90.	Máscara para gases.....	226
91.	Máscara con respirador artificial.....	226

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO 1: Tablas para determinar la ganancia de la carga en paredes.
- ANEXO 2: Tablas para determinar la ganancia de la carga por cambio de aire.
- ANEXO 3: Tablas de datos de diseños para almacenajes de carnes.
- ANEXO 4: Cargas varias.
- ANEXO 5: Funciones de los controladores de temperatura.
- ANEXO 6: Datos técnicos de los controladores de temperatura.
- ANEXO 7: Funciones del microprocesador.
- ANEXO 8: Identificación de las lámparas en los microprocesadores.
- ANEXO 9: Modo de ajuste del microprocesador.
- ANEXO 10: Alarmas del microprocesador.
- ANEXO 11: Averías y reparaciones.

SUMARIO

La presente investigación desarrolla información técnica sobre mantenimiento, arranque, operación y parada de equipos de refrigeración industrial con amoníaco en el área avícola.

Tiene una descripción detallada de los diferentes elementos que componen el sistema de refrigeración, el principio de funcionamiento, sistemas de control, programador de operaciones y equipos auxiliares.

Este tipo de refrigeración industrial con amoníaco ha traído como consecuencia mayor complejidad en el control pero mayor confiabilidad y disponibilidad de los sistemas.

En la refrigeración industrial, con el propósito de almacenar y conservar alimento, se usa, principalmente el amoníaco como refrigerante natural, muy eficiente, económico, y 100% ecológico pero que exige mejores técnicas de operación y mantenimiento.

Con la orientación que se determina en este trabajo se logra resumir las averías de los equipos por falla de operación, porque se detallan con exactitud las condiciones normales de cada uno de los procedimientos; así como que hacer en una situación de riesgo, cómo proteger los equipo y al personal que los opera.

Este trabajo se complementa con un plan de mantenimiento preventivo que orienta las acciones para procesos de calibración, ajuste, reparación y reemplazo de los componentes para una satisfactoria operación en periodos estimados.

SUMMARY

The present investigation develops technical information on maintenance, starting, operation and stops of industrial refrigeration equipment with ammonia in the bird raising area. It has a detailed description of the different elements composing the refrigeration systems, operation, programmer and auxiliary equipment. This industrial refrigeration type with ammonia has resulted in a major complexity in the control but a major system reliability and availability. In industrial refrigeration, to store and keep food, ammonia is mainly used as a natural refrigerant which is very efficient, economic and 100% ecological, existing however better operation and maintenance technique. With the guidance given in this work, it is possible to reduce equipment operation faults because the normal conditions of each procedure are detailed with accuracy as well as the risk situations, equipment and personnel protection. This work is complemented with a preventive maintenance plan guiding the actions for the rating, adjustment, repairing and component replacement processes for a satisfactory operation in calculated periods

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la refrigeración revolucionó el procesamiento y distribución de los alimentos modificando los hábitos de consumo de la humanidad. La implementación de la cadena de frío permitió la captura, proceso, refrigeración, congelación, almacenamiento y distribución de los más variados productos alimenticios, pudiendo disponer de ellos con los más altos estándares de frescura y calidad, en cualquier lugar del mundo y en cualquier época del año.

Al día de hoy, y si hablamos industrialmente, la refrigeración para el proceso y almacenamiento de los alimentos se obtiene principalmente con el uso del refrigerante amoníaco, refrigerante natural, 100% ecológico, muy eficiente, económico y seguro. Aproximadamente el 90% de los sistemas de refrigeración industrial para alimentos son con refrigerante amoníaco.

Del mismo modo, nuestro país actualmente se encuentra en un desarrollo industrial agrícola y avícola con tendencias favorables, en las cuales es indispensable disponer de algún método de refrigeración para el procesamiento, empaque, almacenamiento y transporte de sus productos.

La respuesta más acertada a esta necesidad es la aplicación de la refrigeración industrial con amoníaco, por ser un sistema de refrigeración desde un punto de vista operacional, más eficiente y económicamente efectivo, brindando un importante beneficio para los consumidores ya que costos menores de operación representan un costo menor de los

productos alimenticios.

Este desarrollo de la refrigeración industrial ha traído como consecuencia mayor complejidad de los sistemas pero de la misma manera mayor confiabilidad y disponibilidad de los mismos, para ello vemos la necesidad de determinar las mejores técnicas de Mantenimiento, y Procedimientos para el arranque, operación y parada de equipos de refrigeración industrial con amoníaco.

Por esta y algunas razones más, este trabajo servirá de mucha utilidad siendo que contiene aspectos técnicos, maniobras que se realizaran y se aprenden solo en el campo de trabajo, acogiéndose a los criterios de construcción y diseño de sistemas de refrigeración, de acuerdo con normas y materiales relacionados con el Código ASME, y una introducción a la termodinámica de la refrigeración. Tenemos la completa seguridad que este trabajo llenará sus expectativas, y que será una fuente constante de consulta cuando lo necesite.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En refrigeración por lo general se realizan los trabajos de mantenimiento una vez que ha ocurrido el daño, ocasionando grandes pérdidas en la empresa. En este contexto, la no utilización de un Plan de Mantenimiento y de los Procedimiento adecuados para el arranque, operación y parada de los equipos de refrigeración Industrial con Amoníaco provocaran un mal funcionamiento, los cuales pueden terminar con la vida útil de algunos de sus componentes o del equipo en general.

Además, la finalidad de este trabajo, es eliminar las averías de los equipos por falla de operación, ya que se detalla con exactitud las condiciones normales para realizar cada uno de estos procedimientos y en caso contrario saber qué hacer en una situación de riesgo, de esta manera proteger los equipos y lo que es mas proteger al personal.

Por lo expuesto anteriormente, se ve en la necesidad de Elaborar un Manual de Mantenimiento y Procedimientos para el arranque, operación, y parada de equipos de refrigeración industrial con Amoniaco.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL.

- Elaborar un Manual de Mantenimiento y Procedimientos para el Arranque, Operación y Parada de Equipos de Refrigeración Industrial con Amoniaco, aplicados en el sector avícola.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Conocer los diferentes Elementos y Sistemas de Refrigeración con Amoniaco.
- Identificar los parámetros técnicos de los Sistemas de refrigeración con Amoniaco.
- Establecer métodos de arranque, operación y parada de los equipos.
- Elaborar un plan de mantenimiento preventivo de los elementos que constituyen un Sistema de Refrigeración con Amoniaco
- Identificar y prevenir los riesgos inherentes al manipular Amoniaco, mediante medidas seguridad personal.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

Existen varios sistemas de refrigeración en el mercado, cada uno está diseñado para aplicaciones específicas, pero todos deben cumplir con los criterios siguientes:

- La calidad del producto que se está enfriando debe mantenerse satisfactoriamente.
- En la operación debe lograr el uso eficiente del consumo energético.
- El proceso debe efectuarse para que cumpla con las leyes que se relacionan con la protección al ambiente.

Hay muchas formas de clasificar los equipos para refrigeración. Uno de los métodos es distinguir según las temperaturas que mantiene, como temperaturas medianas de almacenamiento para alimentos crudos, bajas temperaturas para alimentos congelados y ultra bajas temperaturas para procesos industriales. Otra forma de clasificar los sistemas de refrigeración está dada por la potencia de los compresores¹:

- Refrigeración doméstica de 1/12 a ½ Hp.
- Refrigeración comercial de ½ Hp a 15 Hp.
- **Refrigeración industrial de 15 Hp en adelante.**

En cada una de estas categorías el mismo equipo puede utilizarse para diversas aplicaciones y estas son las que dictan las modificaciones necesarias al equipo a fin que se lleve a cabo la tarea asignada; no siendo estas clasificaciones una norma general para los sistemas.

¹ TECUMSEH. Refrigeración y Gases Alternativos. 2da.ed. Brasil: 1995 pp. 11.

2.1 DEFINICIONES.

- **Refrigeración.** En general se define refrigeración como el proceso de eliminación de calor, cualquier proceso encaminado a reducir o mantener la temperatura de un cuerpo. Esto se logra extrayendo calor del cuerpo a refrigerar y transfiriéndolo a otro cuerpo cuya temperatura es inferior a la del cuerpo refrigerado.
- **Carga de refrigeración.** Es la velocidad a la cual deba ser eliminado el calor de un espacio o un cuerpo a fin de lograr y /o mantener una temperatura deseada. También se le llama carga de enfriamiento o la carga térmica. La capacidad de un equipo de refrigeración es la suma del calor que:
 - Proveniente del calor transmitido por conducción a través de paredes aisladas.
 - Proveniente del aire caliente que entra por las puertas que se abren y cierran.
 - Proveniente del producto refrigerado para disminuir su temperatura a la temperatura de almacenamiento.
 - El calor cedido por: personal que trabaja en el espacio, motores, alumbrado y otros equipos que funcionan en el espacio refrigerado y que producen calor.
- **Agente Refrigerante.** En cualquier proceso de refrigeración, es la sustancia empleada para absorber el calor. Siempre la temperatura del refrigerante debe mantenerse por debajo de la temperatura del material o del espacio que va a ser refrigerado. Los sistemas de refrigeración aprovechan las propiedades físicas de los agentes refrigerantes, ya que tienen la capacidad de absorber grandes cantidades de calor a medida que se produce su evaporación, transportar el calor y cederlo a un medio condensante, volviéndose líquido nuevamente quedando listo para ser utilizado. Adicionalmente, el refrigerante puede ser almacenado en cilindros a temperatura ambiente.

- **Sistemas indirectos de Refrigeración.** En el sistema indirecto, el refrigerante enfría en un primer paso un refrigerante secundario y este posteriormente enfría el espacio o producto a refrigerar. Lo anterior se hace por economía (grandes tramos de tubería para llevar el refrigerante resulta costoso), por especificaciones técnicas para impedir posibles contaminaciones principalmente en la industria alimenticia. Se usan como refrigerantes secundarios el agua, cloruro de calcio y salmueras de cloruro de sodio, metanol, glicoles.
- **Capacidad del Sistema.** Es la velocidad a la que se puede efectuar la eliminación de calor en el espacio o material refrigerado. Se expresa en BTU/hr o en términos equivalentes a la fusión del hielo, ya que antiguamente se utilizaba el hielo como medio de enfriamiento. Por lo tanto un sistema de refrigeración con capacidad de una tonelada de refrigeración tiene el equivalente a la fusión de 1 tonelada de hielo en un periodo de 24 horas, esto también es equivalente a 12.000BTU/hr o en el sistema métrico equivalentes a 3.517kJ/sg o Kw y 3024 Kilocalorías / hr.
- **Capacidad del Compresor.** En un sistema de refrigeración equilibrado, el compresor debe tener la capacidad para que el vapor producido en el evaporador sea sacado a la misma velocidad que el mismo es generado por la acción de ebullición del líquido refrigerante.
- **Presión.** Puede describirse como la medida de la intensidad de una fuerza en un punto cualquiera sobre la superficie de contacto, las unidades que más se manejan son PSI (lbs/pul²), Kg/cm² o Mpa.
- **Temperatura.** Es una medida de la presión térmica de un cuerpo. Una alta temperatura (cuerpo caliente) indica una alta presión térmica, si el cuerpo está frío indica una baja presión térmica. Las escalas de temperatura más usadas son la Celsius (°C.) y el Fahrenheit (° F.), llamadas escalas relativas porque toman como referencia el punto de congelación y de ebullición del agua a presión atmosférica.

- **Calor.** Es una forma de energía. Termodinámicamente se define calor como la energía en tránsito de un cuerpo a otro, como resultado de la diferencia de temperatura entre los dos cuerpos.
- **El calor se transmite por:**
 - **Conducción:** cuando el calor fluye por contacto físico directo. Las moléculas calientes comunican su energía a las moléculas inmediatas adyacentes.
 - **Convección:** cuando el calor se desplaza por medio de corrientes establecidas de un medio que fluye, ejemplo: aire caliente.
 - **Radiación:** cuando la energía se transmite por medio de ondas sin la intervención directa de la materia.
- **Calor Sensible y Calor Latente.** La energía térmica se divide en dos tipos dependiendo de si la sustancia absorba o ceda energía térmica. A la energía térmica que cause o produzca un cambio en la temperatura de la sustancia se le llama calor sensible, mientras que a la energía térmica que cause o produzca un cambio en la fase de la sustancia se le llama calor latente.
- **Entalpía.** Es una propiedad calculable de la materia y se define como la cantidad de calor que posee un cuerpo. La diferencia de entalpía es la que se aprovecha para extraerle el calor al otro cuerpo.
- **Temperatura de Saturación.** Se define como la temperatura de saturación a la cual un líquido pasa de la fase líquida a la fase de vapor o viceversa a una presión dada.
 - **Líquido Saturado:** Es aquel que se encuentra a una temperatura de saturación.
 - **Líquido Subenfriado:** cuando se encuentra en condiciones inferiores a la temperatura de saturación.
 - **Vapor Saturado:** Es aquel que se encuentra a una temperatura de saturación.

- **Vapor Sobrecalentado:** Es cuando un vapor se encuentra por encima de su temperatura de saturación.
- **Relación Presión – Temperatura.** La temperatura de saturación de un fluido depende de la presión del fluido. Al aumentar la presión aumenta la temperatura de saturación y si disminuye la presión baja la temperatura de saturación.

2.1.1 CICLO IDEAL DE REFRIGERACIÓN.

A medida que el refrigerante circula a través del sistema de refrigeración sufre cambios en su estado. El refrigerante partiendo de una condición inicial, pasa a través de unos procesos en una secuencia definida y vuelve a su condición inicial (grafico 1). Esta serie de procesos se llama ciclo.

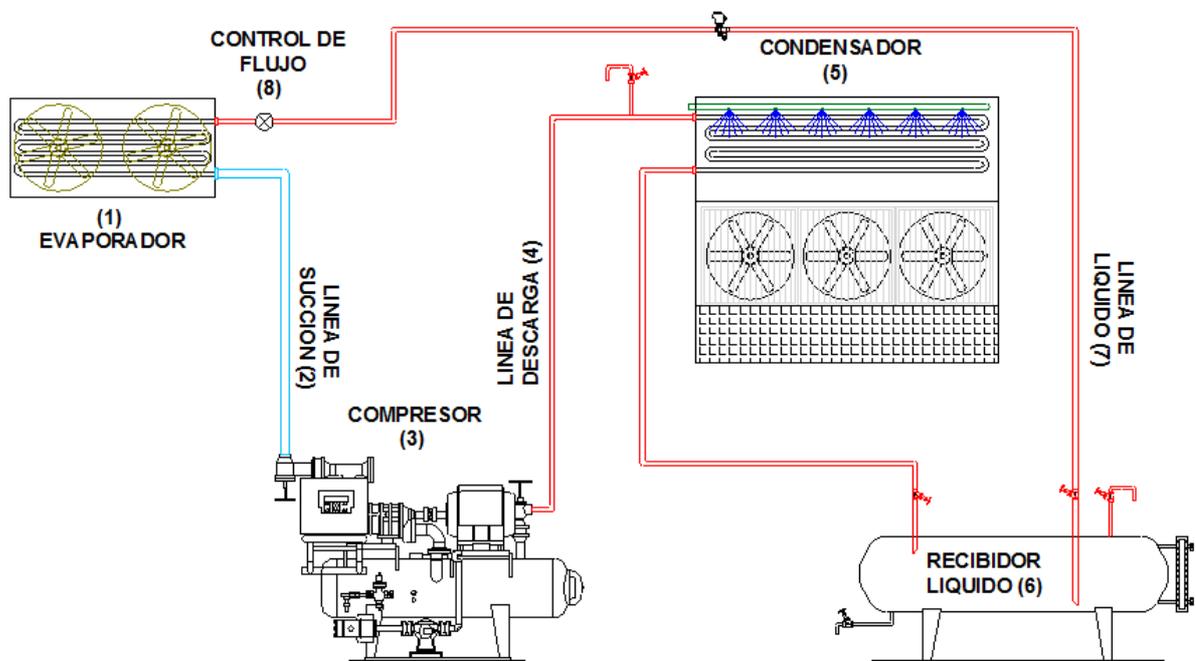


Figura 1. Ciclo Ideal De Refrigeración

El ciclo de refrigeración simple consta de cuatro procesos fundamentales: (1) Expansión, (2) Evaporación, (3) Compresión y (4) Condensación.

El proceso de refrigeración considerando inicia con el líquido refrigerante almacenado a alta temperatura y alta presión en una tanque depósito, llamado Tanque de alta (6). Este fluye a través de un tubo o línea de líquido (7), atraviesa un control de flujo de refrigerante (8) donde su presión se va disminuyendo hasta alcanzar la presión del gas evaporado dentro del evaporador (1). Mientras el refrigerante líquido fluye a través del evaporador, absorbe calor desde los alrededores y se va convirtiendo en gas sobre-calentado. Por la acción del compresor, el gas resultante de la evaporación fluye desde el evaporador, por el tubo de succión (2) hasta la entrada del compresor (3).

En el compresor, el refrigerante gaseoso es comprimido incrementándose su presión y temperatura, posteriormente fluye a través de la línea de descarga (4) hacia el condensador (5) donde cede calor hacia el aire impulsado por un ventilador o hacia el agua de las duchas del condensador, la temperatura del refrigerante se reduce hasta alcanzar la temperatura de saturación transformándose en líquido y pasa hasta el tanque de almacenamiento (6) quedando listo para iniciar el ciclo.

2.1.2 DIAGRAMA PRESIÓN-ENTALPIA.

La representación gráfica del ciclo de refrigeración permite observar simultáneamente todas las consideraciones deseadas en los diferentes cambios de estado del refrigerante. El ciclo de

mayor uso en la refrigeración es el de presión - entalpía (Figura 2). En un ciclo ideal el refrigerante no cambia su estado mientras fluye por tuberías.

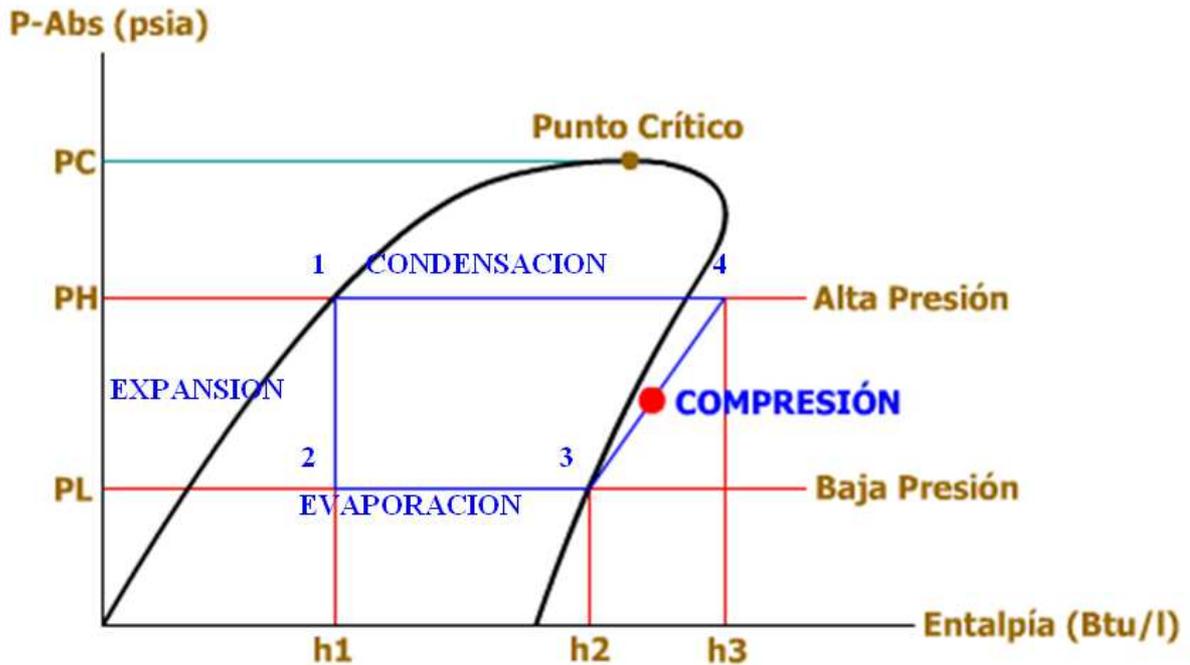


Figura 2. Diagrama de Mollier. Presión -Entalpía

- a) **Expansión:** Proceso que ocurre entre 1 y 2. Mediante la expansión, se reduce la presión del refrigerante líquido desde la presión de condensación hasta la presión de evaporación a medida que el líquido refrigerante fluye a través de una válvula de control. Cuando el líquido es expandido en el evaporador a través del orificio de la válvula de control, se disminuye la temperatura del líquido desde la temperatura condensante hasta la temperatura evaporante y de inmediato una parte del líquido pasa a ser vapor
- b) **Evaporación:** Cuando el refrigerante se encuentra a baja presión y baja temperatura absorbe calor del medio o del producto y se evapora convirtiéndose en gas saturado, lo cual produce el efecto refrigerante entre 2 y 3.

- c) **Compresión:** Se realiza entre los puntos 3 - 4 y es el producto del trabajo realizado por el compresor. La presión del refrigerante se eleva al igual que su temperatura por la compresión del compresor.
- d) **Condensación:** En esta etapa al gas refrigerante sobrecalentado se le retira el calor ganado en la compresión y el calor absorbido en la evaporación. El rechazo del calor se realiza por medio del aire impulsado por los ventiladores y/o por el agua fría de las duchas del condensador. El gas refrigerante a la salida del condensador alcanza su condición de líquido saturado (1 - 4).

2.2 CLASES DE SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN.

Los siguientes son los tipos de sistemas de refrigeración según el evaporador que se utilizan en refrigeración industrial².

- Sistema de Refrigeración por Expansión Seca.
- Sistema de Refrigeración Inundado.
- Sistema de Refrigeración Recirculado.

2.2.1 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN POR EXPANSIÓN SECA.

Son eficientes para temperaturas de evaporación superiores a 0°C (32°F). Son sistemas altamente equilibrados entre el calor a rechazar y la eficiencia misma del sistema. El

² AGUILÓ R. Curso de Refrigeración Básica. 2da.ed. México: 2005. pp. 4-12

refrigerante líquido antes de entrar al evaporador pasa a través de una válvula de expansión que provoca la caída de presión, además, es la encargada de suministrar la cantidad exacta de refrigerante líquido que se transforma en el evaporador en gas seco o sobre-calentado.

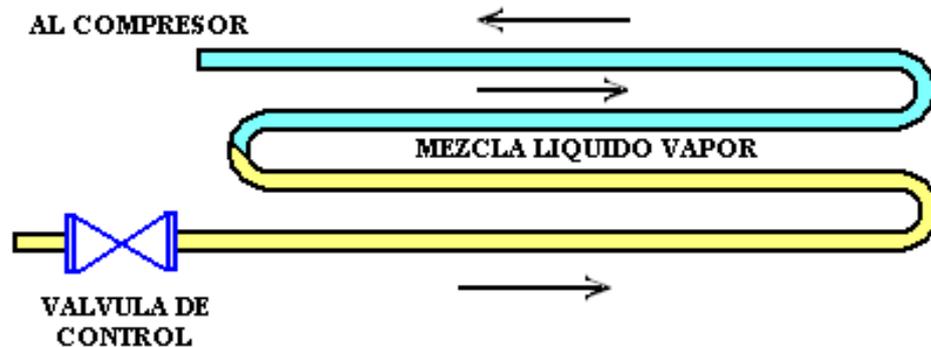


Figura 3. Expansión

En caso de no cumplirse con el equilibrio, puede haber poco refrigerante evaporado y ser deficiente la refrigeración o caso contrario permitir el paso de mucho refrigerante y provocar que no todo el refrigerante se evapore pasando refrigerante líquido al compresor causando daños al equipo.

2.2.2 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN INUNDADO.

Se utilizan en sistemas de alta y baja temperatura, en donde se busca una alta eficiencia en el evaporador, por lo que se debe garantizar que el evaporador este siempre inundado de refrigerante líquido. De esta manera se mejora el coeficiente de transferencia de calor y además se disminuye el riesgo de retornos de refrigerante líquido al compresor.

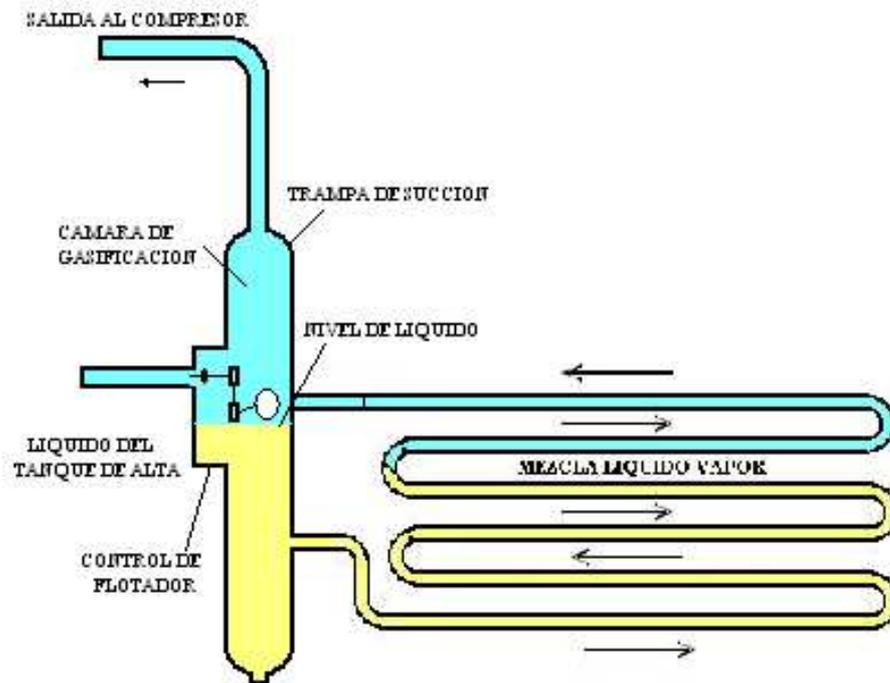


Figura 4 Inundado

El evaporador de tipo inundado se llena con refrigerante líquido. Se diseña de tal manera que el refrigerante (líquido), se mantiene por un arreglo de flotador localizado en un acumulador que se sitúa en el exterior del serpentín del evaporador en sí mismo.

En el gráfico (4) se muestra que parte del refrigerante se evapora en el serpentín y este vapor va al acumulador. De aquí el vapor es extraído de la parte superior a la línea de succión y luego al compresor, mientras que cualquier líquido dejado en el acumulador está disponible para recirculación en el evaporador. Cuando el equipo está calibrado apropiadamente, el líquido remanente es mínimo. Cuando el refrigerante en un serpentín inundado se evapora como un resultado del calor que ha absorbido, el nivel de líquido baja en el serpentín. Cuando el flotador baja con el nivel de líquido permite que más refrigerante fluya al interior del acumulador de tal manera que se mantenga un nivel de líquido constante. Un serpentín

inundado tiene excelente transferencia de calor a causa de sus superficies interiores son humedecidas con liquido en vez de ser humedecidas con vapor.

2.2.3 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN RECIRCULADO.

Por las dimensiones de la instalación, el recorrido de las tuberías y la temperatura de evaporación, es uno de los sistemas más eficientes (figura 5). Puede ser utilizado en sistemas de alta y baja temperatura. Se cuenta con bombas de líquido que descargan en el evaporador una cantidad de refrigerante líquido 3 o 4 veces mayor que la cantidad que se va a evaporar en el serpentín del evaporador.

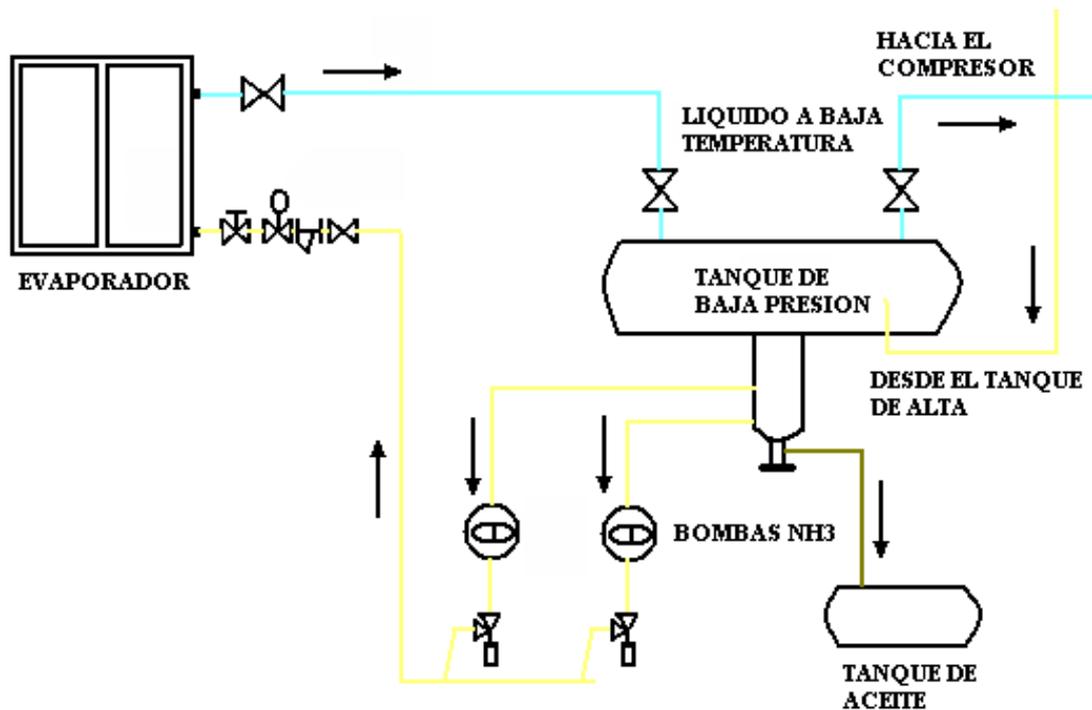


Figura 5. Recirculado

2.3 AMONIACO: USO INDUSTRIAL

El amoníaco es uno de los compuestos químicos más apreciados y versátil en el mundo industrial. Lo demuestra el amplio número de aplicaciones en la producción y procesamiento de alimentos, textiles, manufactura química, refrigeración, tratamiento de metales y descontaminación.

Tabla 1 Características del Amoníaco

Formula	NH ₃
Nombre Técnico	Amoníaco Anhidro
Nombre de Refrigerante	R-717
Peso Molecular	17
Calor Latente	474.6 Btu / Lb.
Estado	Gaseoso ,líquido
Color	No, Incoloro
Solubilidad	En agua, alcohol y éter.
Punto de Ebullición	-33.3 °C (a 1 atm.)
Punto de congelación	-77.7 °C (a 1 atm.)
Rango de Evaporación	-60 °C hasta 0 °C o más.
Biodegradación	Excelente
Detección	Excelente

* "Amoníaco Anhidro" se refiere a la composición libre de agua.

A temperatura ambiente y presión atmosférica el amoníaco es un gas punzante, sin color y más liviano que el aire (40%). Estando comprimido y frío, el amoníaco es un líquido incoloro, con un peso específico de 68% aprox. A la presión atmosférica, el líquido hierve a -33.3 ° C.

Contenido en un tanque, el amoníaco líquido coexiste con vapor. La temperatura afecta las fases, aumentando tanto la presión del gas como el volumen del líquido. Cuando la temperatura del líquido aumenta, el vapor existente sobre el líquido incrementa su presión. Con el incremento de temperatura, el amoníaco líquido se expande, ocupando un espacio

mayor. Por ejemplo, a 18 °C, amoníaco cargado en un cilindro a máxima capacidad ocupa el 78% del volumen. Si la temperatura del líquido aumentara hasta unos 68 °C, el espacio ocupado antes por vapor se llenaría ahora de líquido por completo. Si la temperatura aumentara aún más, el tanque puede llegar a romperse a causa de la presión hidrostática causada por la expansión del líquido. En condiciones de equilibrio, la presión y volumen del líquido varían con su temperatura, como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 2. Variación de Presión y Volumen

Temperatura NH3 líq. ° C	Presión del vapor Psig.	Volumen Gal./100 lb
-33.3	0.0	17.57
-18	15.7	18.10
-1	45	18.72
15	90.9	19.43
32	135.9	20.25
46	251	21.04

- Riesgos.** El amoníaco es una sustancia irritante para las mucosas en varios grados dependiendo de su concentración en el aire y grado de exposición a sus efectos. Actualmente el amoníaco es considerado como un gas no inflamable. Teniendo en cuenta que las condiciones favorables a su combustión son de rara ocurrencia en operaciones normales (en presencia de llama o chispa de 1200 °F y vapor de NH₃ entre 16-25% de mezcla con aire). El calor generado en su combustión es insuficiente para mantener la llama, por lo cual se extingue al extinguirse el origen de la ignición. Su estabilidad química es alta en condiciones normales. El amoníaco no ataca los metales más comunes, pero en presencia de agua ataca el cobre, el zinc y aleaciones que contengan estos metales. En general los materiales usados para trabajar con amoníaco deberán ser de acero, hierro o aleaciones resistentes al amoníaco.

- **Expansión Térmica.** El amoníaco líquido presenta un alto coeficiente de expansión de volumen con el incremento de temperatura. Como se explico antes, se deben mantener los límites de llenado de tanques y tuberías para evitar la ruptura por presión hidrostática originada en la expansión del líquido.
- **Exposición Límite Continua.** Para los casos de exposición en condiciones de trabajo las normas americanas exigen que la exposición en tiempo corto (STEL) al amoníaco no supere un promedio de 35 ppm de amoniaco por volumen de aire, en cualquier periodo de 15 minutos.
- **Efectos Fisiológicos.** Dependiendo del tiempo de exposición y concentración, los efectos sobre las personas expuestas al amoníaco, varían desde molestias ligeras y lagrimas, obstrucciones respiratorias causadas por espasmos en laringe y bronquios hasta edemas y lesiones severas de las membranas del tracto respiratorio y posible fatales resultados. EL contacto de piel o mucosas con líquido o gas muy concentrado puede resultar en quemadura cáustica. Los niveles de tolerancia o resistencia humana a concentraciones de vapor de amoníaco en aire pueden diferir de una persona a otra. La tabla a continuación indica la respuesta fisiológica a la inhalación de amoníaco presente en el aire.

Tabla 3 Efectos Fisiológicos del Vapor de NH_3 en Aire

Efecto	Concentración
Umbral inferior de Percepción de olor	5 PPM
Facilidad de Percibir Olor	20-50 ppm
No molesta ni afecta la salud aun en prolongada exposición	50-100 ppm
Molestia general, lágrima. Efecto pasajero en exposición corta	150-200 ppm
Severa irritación de ojos, oídos, nariz y garganta. Efecto pasajero en exposición corta.	400-700 ppm
Espasmo Bronquial, Tos	1700 ppm
Peligroso puede resultar fatal	2000-3000 ppm
Edema serio, asfixia. Fatal en corto tiempo	5000- 10000 ppm
Fatal de Inmediato	sobre 10000 ppm

2.4 ENTRENAMIENTO DEL PERSONAL EN GENERAL

Deberán darse instrucciones escritas y verbales y realizarse ejercicios de simulación donde se involucren tanto la ubicación, las tareas de cada quien, uso del vestido, máscaras, equipo respiratorio, alarmas, duchas de seguridad y fuentes de agua, elementos de primeros auxilios, lo mismo que las válvulas de cierre y apagado de equipos, tableros y swiches.

El entrenamiento debe hacer énfasis en evitar el contacto directo con amoníaco, líquido o la inhalación de vapores, así como el reportar las fallas de los equipos al supervisor o jefe a cargo de ello.”

2.5 POSIBLES PROBLEMAS EN EL SISTEMA

2.5.1 AGUA EN EL SISTEMA Y SUS PROBLEMAS

Es inevitable tener agua en un sistema de refrigeración industrial debido al volumen que se tiene, y es uno de los enemigos principales del sistema para que baje su rendimiento. La presencia de agua en un sistema de refrigeración se origina cuando se realiza trabajos de mantenimiento mecánico ya sea en válvulas, compresores, tuberías etc. El aire que ingresa durante el tiempo que demore el trabajo y que no sea evacuado antes de ponerlo en funcionamiento, generara que el aire circule por todo el sistema y debido a las diferentes temperaturas a las que trabaja ese aire se condensa transformándose en agua y alojándose en las partes más bajas del sistema.

Las condiciones en las que operan los sistemas de refrigeración y otros equipos de transferencia de calor, hace que las mínimas cantidades de impurezas o sustancias extrañas contenidas en su interior, representen problemas muy serios dentro de dichos equipos. Dos son los problemas más importantes que se presentan en los sistemas de refrigeración a causa de la presencia de agua:

- Corrosión y Taponamiento de tanques y válvulas.
- Degradación del aceite.

2.5.2 CORROSIÓN Y TAPONAMIENTO DE TANQUES Y VÁLVULAS

- Como el agua se aloja en las partes más bajas del sistema y la mayoría de las válvulas de purga se encuentran en las partes más bajas de los elementos, el agua corroe al tanque o trampa y al mezclarse con él oxido que se forma, generan una pasta espesa que se introduce en el interior de la válvula de purga y con el pasar del tiempo esta se endurece ocasionando el taponamiento.
- Debido al diferencial de presión que existe en la válvula de expansión, la presencia de agua o aire generara la oxidación del mecanismo interno de la válvula o aun más si el aire se llega a condensar y luego a congelar inevitablemente provocara el taponamiento de la válvula reduciendo considerablemente la eficiencia del evaporador.
- El agua es el principal contaminante del aceite y en grandes concentraciones (mayor al 10% de la cantidad del aceite) produce la degradación prematura de las características del aceite, ocasionando la baja de la eficiencia de los compresores y del sistema en general.³

³ SUMMIT RHT-68. Manual de lubricantes. 4ta.ed. Brasil: pp. 7-13

2.5.3 EL AGUA DE LAS TORRES DE CONDENSACIÓN Y SUS PROBLEMAS

El agua es elemento principal en una torre de condensación, para realizar la condensación del gas refrigerante y realizar el cambio de fase, pero a la vez es el responsable directo de mantener, incrementar o disminuir la eficiencia de los sistemas. El control de la cantidad de minerales que se encuentren en el agua es muy importante para mantener un sistema eficiente.

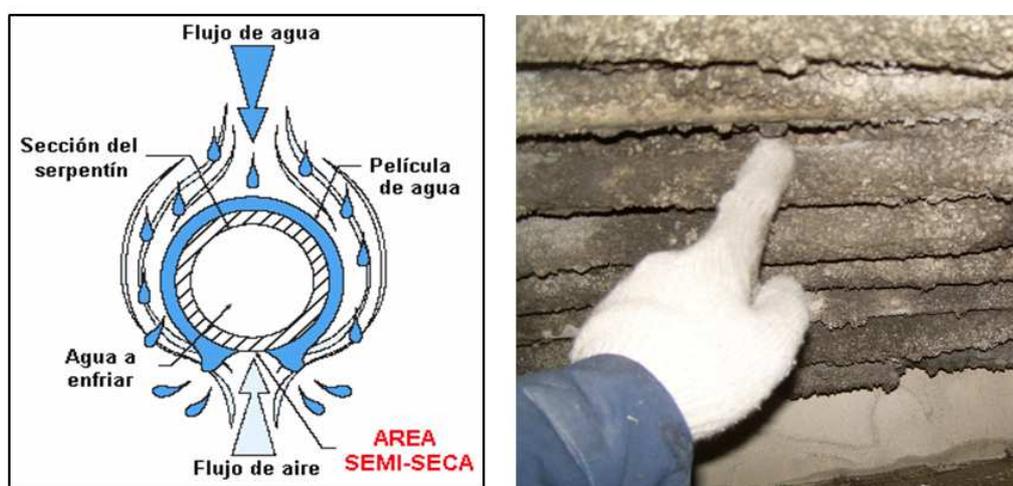


Figura 6. Formación de Incrustaciones

Los problemas que se pueden generar es la pérdida de la eficiencia del sistema y un consumo exagerado de energía eléctrica debido a la formación de incrustaciones. La incrustación se forma cuando el contenido mineral (sales de calcio principalmente) del agua no tratada se deposita en las áreas semi-secas al evaporarse el agua (Ver figura 8).

- **Efectos de la incrustación sobre el desempeño del Enfriador a Circuito Cerrado (ECC) o Condensador Evaporativo (CE).**- La mínima cantidad de espesor de la

incrustación sobre el serpentín afectará de forma muy desfavorable el desempeño del equipo. Con tan solo 0,38 mm de espesor de incrustación alrededor del serpentín se produce una disminución del 27 % en la capacidad de enfriamiento del equipo. Con el incremento en el espesor de la incrustación la pérdida de la capacidad se disminuye inversamente exponencial.

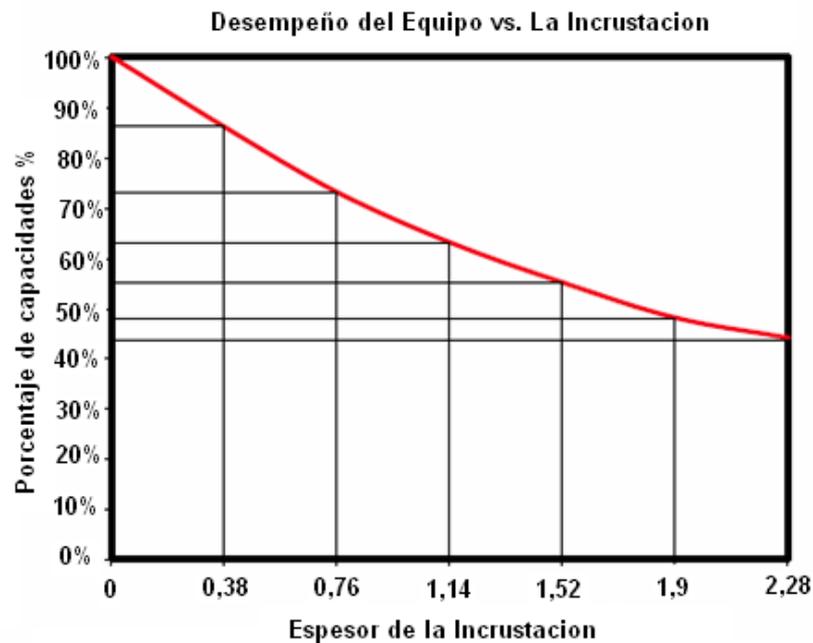


Figura 7. Impacto de la Formación de la Incrustación en los Equipos

- **El costo de la incrustación.-** Un equipo ECC o CE con aumento en la formación en el serpentín fuerza a que otros componentes del sistema (chiller, UMA o compresores) disminuyan su desempeño y aumente sus requerimientos de energía. Se incrementará los costos operativos con el pasar de los años, se notará sobretodo en los días que se alcancen las mayores temperaturas ambientales.

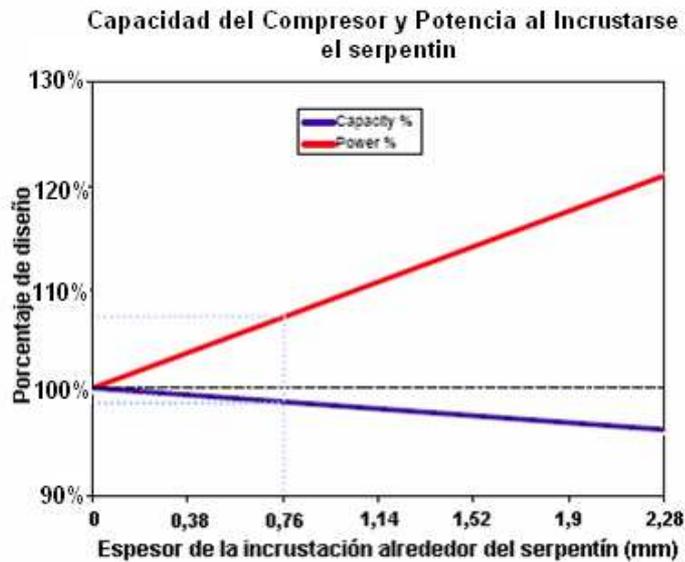


Figura 8. Capacidad del Compresor

Con tan solo 0,76 de espesor de la incrustación el compresor requerirá de 7% más de energía y la capacidad de enfriamiento disminuirá (Toneladas) 1 %

- Limpieza y desinfección.-** La limpieza y desinfección del sistema completo se realizará, al menos, dos veces al año y además en las siguientes circunstancias: cuando se ponga en marcha la instalación por primera vez, tras una parada superior a un mes, tras una reparación o modificación estructural, cuando una revisión general así lo aconseje. Cuando el tiempo de parada de la instalación supere la vida media del biocida empleado, se comprobará el nivel del biocida y la calidad microbiológica -aerobios totales- del agua antes de su puesta en funcionamiento. En caso necesario, se realizará una limpieza y desinfección de la instalación.
- El procedimiento de limpieza y desinfección general para equipos que pueden cesar en su actividad, en caso de utilizar cloro, será el siguiente:

- a) Cloración del agua del sistema, al menos 5 mg/l de cloro residual libre y adición de biodispersantes capaces de actuar sobre la biocapa y anticorrosivos compatibles con el cloro y el biodispersante, en cantidad adecuada, manteniendo un pH entre 7 y 8.
 - b) Recircular el sistema durante 3 horas, con los ventiladores desconectados y cuando sea posible las aberturas cerradas para evitar la salida de aerosoles. Se medirá el nivel de cloro residual libre al menos cada hora reponiendo la cantidad perdida.
 - c) Neutralizar el cloro, vaciar el sistema y aclarar con agua a presión.
 - d) Realizar las operaciones de mantenimiento mecánico del equipo y reparar las averías detectadas.
 - e) Limpiar a fondo las superficies con técnicas adecuadas que eliminen las incrustaciones y adherencias y aclarar.
 - f) Llenar de agua y añadir el desinfectante de mantenimiento. Cuando este desinfectante sea cloro, se mantendrán unos niveles de cloro residual libre de 2 mg/l mediante un dispositivo automático, añadiendo anticorrosivo, compatible con el cloro.
- Las piezas desmontables serán limpiadas a fondo, sumergidas en una solución que contenga 15 mg/l de cloro residual libre, durante 20 minutos, aclarando posteriormente con abundante agua fría. Los elementos difíciles de desmontar o de difícil acceso se pulverizarán con la misma solución durante el mismo tiempo.
 - En caso de equipos, que por sus dimensiones o diseño no admitan la pulverización, la limpieza y desinfección se realizará mediante nebulización eléctrica, utilizando un desinfectante adecuado para este fin (la nebulización eléctrica no se puede realizar con cloro).
 - El procedimiento de limpieza y desinfección general para equipos que no pueden cesar en su actividad, en caso de utilizar cloro, será el siguiente:

- a) Ajustar el pH entre 7 y 8, para mejorar la acción del cloro.
- b) Añadir cloro en cantidad suficiente para mantener en el agua de la balsa una concentración máxima de cloro libre residual de 5 mg/l.
- c) Añadir la cantidad adecuada de biodispersante para que actúe sobre la biocapa y permita el ataque del cloro en su interior, así como un inhibidor de la corrosión, específico para cada sistema.
- d) Recircular por espacio de 4 horas manteniendo los niveles de cloro residual libre.
- e) Se realizarán determinaciones del mismo cada hora, para asegurar el contenido de cloro residual previsto. Es obligatoria la utilización de dosificadores automáticos.
- f) Prevención de las incrustaciones, el medio normalmente usado, para resolver este problema es el tratamiento químico del agua utilizada



Figura 9.a. Incrustación en Tubos



Incrustación en Paneles



Incrustación en Boquillas

Figura 9.b. Incrustación en Tubos

CAPÍTULO III

3. FUNDAMENTOS CONSTRUCTIVOS DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

3.1 SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN

Los sistemas de refrigeración se diseñan de acuerdo a la necesidad frigorífica o al requerimiento de frío que se necesite para mantener los productos.

3.1.1 TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

Aunque normalmente la capacidad de un equipo de refrigeración se expresa en BTU por hora, en aplicaciones de refrigeración la carga de enfriamiento total por lo general se calcula para periodos de 24 horas, o sea se expresa en Btu/24 horas. Entonces para calcular la capacidad requerida por el equipo en Btu/hr, se divide la carga total que corresponde al período de 24 horas entre el tiempo deseado de funcionamiento del equipo o sea;

$$\text{Capacidad de equipo requerido en Btu/hr} = \frac{\text{Carga de enfriamiento total, Btu/24hr}}{\text{Tiempo deseado de funcionamiento (hr)}}$$

Por la necesidad de deshielar el evaporador a intervalos frecuentes, no resulta práctico diseñar los sistemas de refrigeración de tal manera que el equipo deba trabajarse continuamente para

manejar la carga. En muchos casos, el aire que está pasando sobre el serpentín de enfriamiento es enfriado hasta una temperatura inferior a su temperatura de rocío y se tiene condensación del aire sobre la superficie del serpentín de enfriamiento. Cuando la temperatura en la superficie del serpentín es superior a la temperatura de congelación del agua, la humedad condensada del aire pasa de la superficie del serpentín hasta el recipiente de condensado saliendo del espacio a través del sistema de drenado.

Sin embargo cuando la temperatura del serpentín de enfriamiento es menor a la temperatura de congelación del agua, la humedad condensada del aire se congela y se adhiere a la superficie del serpentín, lo que origina que se acumule “escarcha”. Debido a que la acumulación de la escarcha en el serpentín de enfriamiento, tiende a aislar el serpentín y disminuir la capacidad del mismo, la escarcha debe ser periódicamente eliminada aumentando la temperatura de la superficie del serpentín arriba del punto de congelación del agua y manteniéndola en ese nivel hasta que toda la escarcha se descongele, eliminándola y sacándola del espacio a través del sistema de drenado de condensado. No importa la forma en que se realice el deshielo, esto requiere determinado tiempo para efectuarse durante el cual debe detenerse el efecto refrigerante en el serpentín mientras se efectúa el deshielo.

3.1.2 CÁLCULO DE LA CARGA DE ENFRIAMIENTO

La carga de enfriamiento en un equipo de refrigeración rara vez es resultado de una sola fuente de calor. Más bien es la suma de las cargas térmicas en las que están involucradas diferentes fuentes.

Para simplificar los cálculos de la carga, la carga total de enfriamiento se divide en un número determinado de partes de acuerdo a las fuentes de calor que suministran la carga. La suma de estas cargas parciales será la carga de enfriamiento total del equipo. En refrigeración la carga total se divide en las siguientes cargas separadas:

- a) Carga que se gana en paredes.
- b) Carga por cambio de aire.
- c) Carga del producto.
- d) Cargas varias y suplementarias.

3.1.2.1 GANANCIA DE CARGA POR PAREDES

La ganancia de carga por paredes, que a veces se le llama carga de fuga, es una medición del calor que fluye por conducción a través de las paredes del espacio refrigerado del exterior al interior. Ya que no se dispone de ningún aislamiento perfecto, siempre se tendrá una determinada cantidad de calor que está pasando del exterior al interior, debido que la temperatura del exterior es menor a la temperatura del exterior. La carga así ganada, es común a todas las aplicaciones de refrigeración y de ordinario representa una parte considerable de la carga total de enfriamiento. Algunas excepciones son aplicaciones con enfriamiento con líquido, donde el área exterior del recipiente pequeño y las paredes del mismo están bien aisladas. En tales casos, la fuga de calor a través de las paredes es muy pequeña en relación con la carga total de enfriamiento, de modo que su efecto por ser pequeño generalmente se desprecia. Por otra parte, los casos de enfriadores en almacenes comerciales con

acondicionamiento de aire residencial son ejemplos en los que la ganancia de calor a través de las paredes representa la parte más grande de la carga total. (VER ANEXO 1)

3.1.2.2 CARGA POR CAMBIO DE AIRE

Al abrirse la puerta de un espacio refrigerado, el aire caliente del exterior entra al espacio para remplazar al aire frío más denso, esto constituye una pérdida en el espacio refrigerado. El calor que debe ser eliminado por este aire caliente del exterior para reducirle su temperatura y contenido de humedad a las condiciones de diseño del espacio, constituye una parte de la carga de enfriamiento total del equipo. A esta parte de la carga se la llama carga por cambio de aire.

La relación entre la carga por cambio de aire a la carga total de enfriamiento, varía para cada caso. Mientras que para algunos casos la carga por cambio de aire es muy pequeña con respecto a la total, en otras, ésta presenta una gran parte de la misma. (VER ANEXO 2)

3.1.2.3 CARGA DEL PRODUCTO

La carga del producto la constituye el calor que debe ser eliminado del producto refrigerado a fin de que la temperatura del mismo baje hasta el nivel deseado. El término “producto” que aquí se usa, indica cualquier material cuya temperatura es disminuida por el equipo de refrigeración e incluye no sólo los artículos de consumo putrescibles, tales como los víveres comestibles, sino también algunos objetos tales como electrodos de soldadura, masa de

concreto, plástico, hule y líquidos de toda clase. En algunos casos el producto se congela, en cuyo caso el calor latente eliminado forma parte de la carga del producto.

Cuando el producto entra en el espacio refrigerado a temperatura mayor que la que se tiene dentro del espacio, el producto cederá calor al espacio hasta que este se enfría a la temperatura que se tiene en el espacio. (VER ANEXO 3)

3.1.2.4 CARGAS VARIAS

Las cargas varias llamadas a veces cargas suplementarias, toman en cuenta varias fuentes de calor. Las principales son producidas por las personas que trabajan u ocupan el espacio refrigerado junto con alumbrado y otros equipos eléctricos funcionando dentro del espacio refrigerado.

Para casi todas las aplicaciones de refrigeración las cargas varias son relativamente pequeñas, por lo general son obtenidas por alumbrado y por los motores de los ventiladores utilizados dentro del espacio refrigerado. (VER ANEXO 4)

3.1.3. CAPACIDAD DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Es la potencia de refrigeración o calefacción que suministra una unidad interior en forma de aire frío y caliente, según el caso. La capacidad de refrigeración se mide en diferentes unidades de acuerdo al sistema de unidades usado en el país, así tenemos:

- a) **Toneladas de refrigeración**, donde una tonelada de refrigeración puede definirse como la cantidad de calor necesaria a extraer, para bajar un grado Fahrenheit a una tonelada (2000 lb) de agua pura.
- b) **Frigorías**, donde una frigoría es la cantidad de calor que tenemos que sustraer a 1 Kg de agua a 15 grados Celsius para disminuir esta temperatura en 1 grado Celsius.
- c) **BTU**, donde un BTU es la cantidad de calor a extraer a una libra de agua para bajar su temperatura 1 grado Fahrenheit.

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

- En el Sistema Internacional de Unidades (SI), la potencia de los equipos frigoríficos se mide en vatios (W) o en múltiplos de sus unidades.
- En el Sistema técnico de unidades se utiliza para la potencia de enfriamiento la caloría/hora, aceptada en un anexo del SI, aunque a menudo se llama frigoría/hora que tiene la misma definición que la caloría/hora.
- En la práctica comercial norteamericana, la potencia de refrigeración se mide en “toneladas de refrigeración”, o en BTU.

3.1.3.1 CAPACIDAD FRIGORÍFICA DE LOS COMPRESORES

La capacidad frigorífica de un compresor se determina en un banco calorimétrico en condiciones muy específicas y dispuestas por normas internacionales en un laboratorio. Estas

condiciones están separadas en dos vertientes, una según la Comunidad Económica Europea (CECOMAF) y otra según USA (ASHRAE).

Para el caso de los compresores industriales estas condiciones son las siguientes:

Tabla 4 Capacidad Frigorífica de los Compresor.

	CECOMAF	ASHRAE
T. Condensación	55°C	54,4 °C
T. Ebullición	-25	-23,3°C
T. Succión	32°C	32,2°C
T. Ambiente	32°C	32,2°C

No obstante, pueden existir otras condiciones, ya que los propios fabricantes poseen bancos promover el uso eficiente de la energía en este tipo de sistemas, es necesario conocer bien las opciones existentes en los sistemas de generación y distribución, así como de las oportunidades existentes en su uso final, calorimétricos en sus fábricas. A partir de estas consideraciones se establecen los parámetros nominales del equipo.

3.1.3.2 VARIABLES QUE INCIDEN EN EL CONSUMO DE ENERGÍA

El consumo de energía de un sistema es el resultado de la combinación de ciertas variables las cuales inciden en forma importante en el resultado final. Algunas de estas variables son:

- a) Tipo de Refrigerante a utilizar.
- b) Temperatura de Condensación del sistema.
- c) Temperatura de Succión.
- d) Configuración del sistema (una o dos etapas de compresión).

- e) Sistema de enfriamiento del aceite de lubricación de compresores del tipo tornillo.
- f) Uso de Economizador.

A. Tipo de Refrigerante a utilizar:

Existen varias alternativas de refrigerante en el mercado y básicamente los compresores disponibles pueden operar con todos ellos. No obstante las características termodinámicas de cada uno de ellos demuestran que la utilización de uno u otro dependerá de la relación de consumo de energía versus capacidad entregada. Es importante además mencionar que para la selección del refrigerante es recomendable considerar costos de inversión inicial en equipos, costo del refrigerante, tuberías, asilamiento etc.

Tabla 5 Comparación del Rendimiento de un Compresor Operando con R22 y con Amoníaco

Condiciones Operación	Capacidad NH3 TR	BHP	BHP/TR	COP	Capacidad R22 TR	BHP	BHP/TR	COP
-40°F/95°F	71.8	248.2	3.45	1.24	62.1	236.0	3.78	1.36
-10°F/95°F	154.1	305.6	1.98	2.38	162.8	319.0	1.95	2.40
20°F/95°F	334.4	358.7	1.07	4.39	321.6	359.1	1.11	4.22
35°F/95°F	460.0	364.8	0.79	5.94	434.9	360.4	0.82	5.69

TR: Toneladas de refrigeración (1 TR= 12,000 Btu/Hr)

BHP: Potencia al freno.

COP: Coeficiente de operación. Relación entre energía consumida y capacidad entregada.

La tabla muestra una comparación del rendimiento de un compresor operando con R22 y con Amoniaco. Para efectos de la comparación se ha determinado que estará operando a diferentes temperaturas de succión manteniendo la temperatura de condensación fija.

Las capacidades mostradas para ambos refrigerante son de un compresor tipo tornillo operando a las condiciones de cada caso con enfriamiento de aceite externo y sobrecalentamiento en la succión de 10°F y subenfriamiento de refrigerante líquido de 10°F.

Del análisis de esta tabla se concluye que el amoníaco es el refrigerante que representa la alternativa más viable en cuanto a consumo de energía se refiere.

B. Temperatura de Condensación:

La eficiencia de los sistemas de refrigeración está determinada por la relación existente en la temperatura de succión y de condensación. La eficiencia de los compresores tipo tornillo está determinada por la razón de compresión. A mayor diferencia entre estas temperaturas (presiones) los requerimientos de energía serán mayores. Es importante señalar que la temperatura de condensación está relacionada con la temperatura de bulbo húmedo. Esto último aplica en casos de que el condensador a utilizar sea del tipo evaporativo.

Tabla 6 Requerimientos de Energía para un Compresor

Opción N°	Temperatura Succión °F	Temperatura Condensación °F	Capacidad TR	BHP	COP
1	-40°F	96	61.8	239.4	1.22
2	-40°F	95	62.1	236.0	1.24
3	-40°F	93	62.7	229.6	1.29
4	-40°F	90	63.6	220.4	1.36
5	-40°F	85	65.2	206.2	1.49

TR: Toneladas de refrigeración (1 TR= 12,000 Btu/Hr)

BHP: Potencia al freno.

COP: Coeficiente de operación. Relación entre energía consumida y capacidad entregada.

En la figura es posible visualizar aun mejor el impacto que la temperatura de condensación puede tener en un sistema.

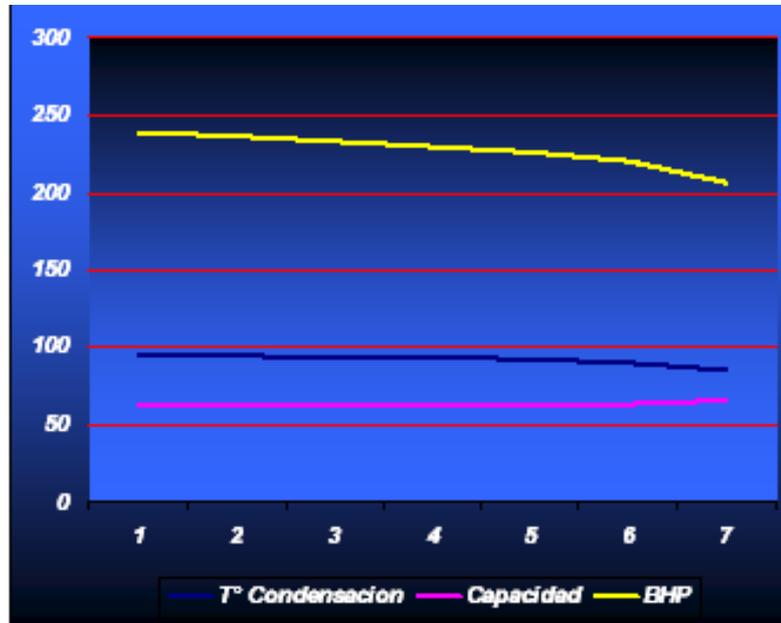


Figura 10. Impacto de la Temperatura de Condensación

Las capacidades mostradas son de un compresor tipo tornillo operando a las condiciones de cada caso con enfriamiento de aceite externo y sobrecalentamiento en la succión de 10°F y subenfriamiento de refrigerante liquido de 10°F.

C. Temperatura de Succión:

Es importante establecer temperaturas de succión lo más cerca posible a la temperatura deseada en el proceso. Hay casos en los cuales existen determinadas temperaturas de succión que son necesarias para cumplir con el proceso como es el caso de Congeladores Continuos y congeladores estáticos. En estos casos hay que seleccionar el o los compresores de forma tal

de que se obtenga la menor energía posible para su operación. En los casos de cuartos de almacenamiento de productos fresco es recomendable establecer la menor diferencia posible entre la temperatura del cuarto y la de evaporación. Para el caso de intercambiadores de calor en sistemas de cascada se debe utilizar las bondades del diseño de los intercambiadores de placa los cuales permiten tener un acercamiento de temperaturas de 5°F (2.7°C) entre la temperatura de evaporación y la salida del refrigerante secundario.

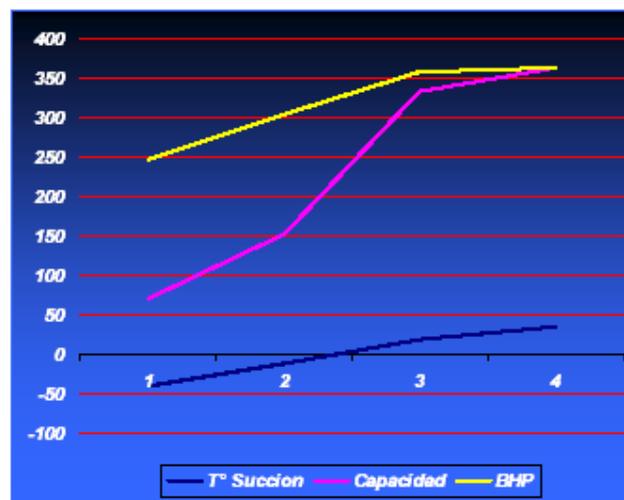


Figura 11. Impacto de la Temperatura de Succión

Las capacidades mostradas son de un compresor tipo tornillo operando a las condiciones de cada caso con enfriamiento de aceite externo y sobrecalentamiento en la succión de 10°F y subenfriamiento de refrigerante líquido de 10°F.

D. Configuración del Sistema:

Es indudable que la configuración de un sistema tendrá un impacto importante en el consumo de energía de un sistema de refrigeración.

Existe una cierta tendencia en el mercado de utilizar sistemas de una sola etapa de compresión en aplicaciones de baja temperatura.

Esto es posible realizarlo al utilizar compresores de tornillo. El consumo de energía puede ser reducido al tener un sistema de dos etapas de compresión. En ciertas aplicaciones la utilización de una sola etapa se justifica como es el caso de congeladores instantáneos o de espiral.

Esto aplica cuando es un solo congelador en operación pero cuando hay más requerimientos a baja temperatura la utilización de dos etapas es más que justificada cuando se toma en cuenta el consumo de energía. La inversión inicial de un sistema de dos etapas es más elevada que la una etapa, pero el ahorro energético pagará esa diferencia en un tiempo determinado por el valor del KW hora en el lugar que el sistema este operando.

E. Sistema de Enfriamiento de aceite:

El aceite de lubricación en los compresores de tornillo cumple tres funciones básicas:

- a) Lubricar todas las piezas en movimiento para evitar el contacto directo de metal con metal.
- b) Sellar; ayuda al proceso de compresión minimizando el efecto de retorno de gas de alta presión hacia el lado de baja durante el proceso de compresión.
- c) Refrigerar: ayuda a la disipación del calor de compresión. Por este motivo es necesario reducir su temperatura para mantener el aceite dentro de los parámetros adecuados de viscosidad.

Existen varias formas de controlar la temperatura de aceite. Las más conocidas son:

- a) Inyección de refrigerante líquido. Este método implica que se inyecta refrigerante líquido en un puerto intermedio del compresor. Al entrar en contacto el refrigerante con el proceso de compresión este se evapora eliminando en cierta medida el calor de compresión.

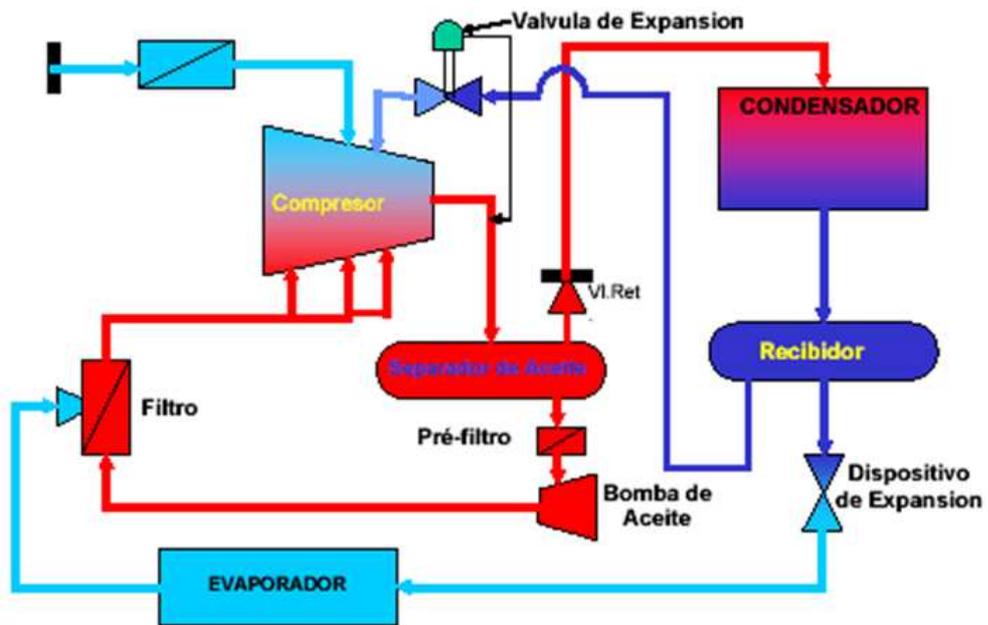


Figura 12. Enfriamiento de aceite por Inyección de Líquido

- b) Termosifón: este método utiliza la energía del sistema para controlar la temperatura del aceite. El refrigerante líquido a la temperatura de condensación y el aceite se hacen circular a contra corriente en un intercambiador de calor el cual puede ser de casco y tubo o placa.

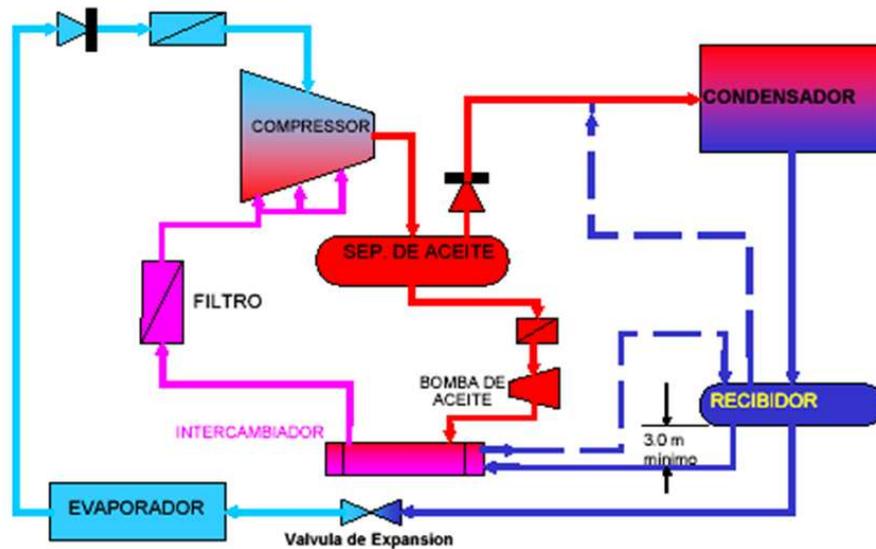


Figura 13. Enfriamiento de Aceite por Termosifón

Refrigerante líquido de alta presión se inyecta en un puerto intermedio del compresor a través de una válvula adecuada para este propósito. Válvula se dimensiona de acuerdo a la capacidad de enfriamiento del aceite requerida. Sistema confiable pero con las siguientes desventajas principales:

- a) Se debe seleccionar el orificio de la válvula de inyección con la mayor precisión posible. No hacerlo tendrá como resultado que se inundara el compresor de refrigerante líquido el cual desplazara las películas de lubricación.
- b) La capacidad del compresor se disminuye y los requerimientos de energía se incrementa. Esto se debe a que el compresor tiene que comprimir una masa adicional de refrigerante.

Todo el refrigerante condensado es derivado a un tanque siempre lleno en el cual parte del refrigerante es recirculado por diferencia de altura hacia el intercambiador de calor en el cual el refrigerante líquido se evapora utilizando la energía del aceite de lubricación del

compresor. Este sistema no penaliza al compresor en lo que a capacidad y energía se refiere. Solo hay que dimensionar el condensador incluyendo la capacidad requerida para el enfriamiento del aceite. Para la utilización de este sistema es necesario que el condensador este a una altura mínima de 3 metros por encima del intercambiador de calor. Los dos sistemas antes descritos son los más utilizados en la industria.

Tabla 7 Diferencia de Capacidad

T° Succión	Capacidad TR	BHP	Capacidad TR	BHP
-40	71.8	248.2	55.6	252.8
-10	154.1	305.6	147.2	320.2
20	334.4	358.7	327	367.4
35	460.0	364.8	461.5	369.4

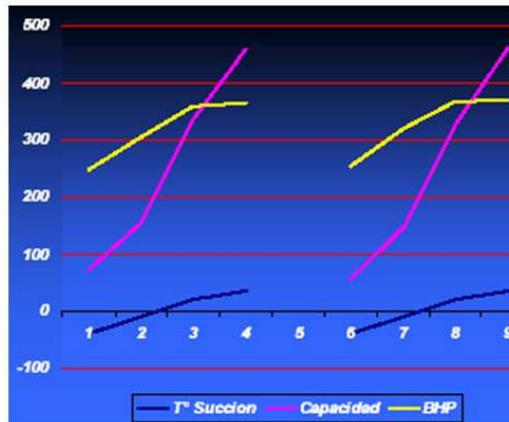


Figura 14. Diferencia de Capacidad

En la figura se puede apreciar la diferencia en capacidad y requerimientos de energía de un compresor usando uno u otro sistema de enfriamiento de aceite. Las capacidades mostradas son de un compresor tipo tornillo operando a las condiciones de cada caso con enfriamiento de aceite externo e interno y sobrecalentamiento en la succión de 10°F y sub-enfriamiento de refrigerante líquido de 10°F.

Las curvas de la izquierda son para un compresor operando con sistema termosifón de enfriamiento de aceite. Las de la derecha son con inyección de refrigerante líquido.

F. Economizador:

El economizador representa una alternativa de aumento de eficiencia en la operación de un compresor de tornillo. El uso de este tiene como resultado el aumento de capacidad del compresor con un pequeño incremento en el consumo de energía. En otras palabras la relación BHP/TR se ve ostensiblemente mejorada con el uso de esta variación.

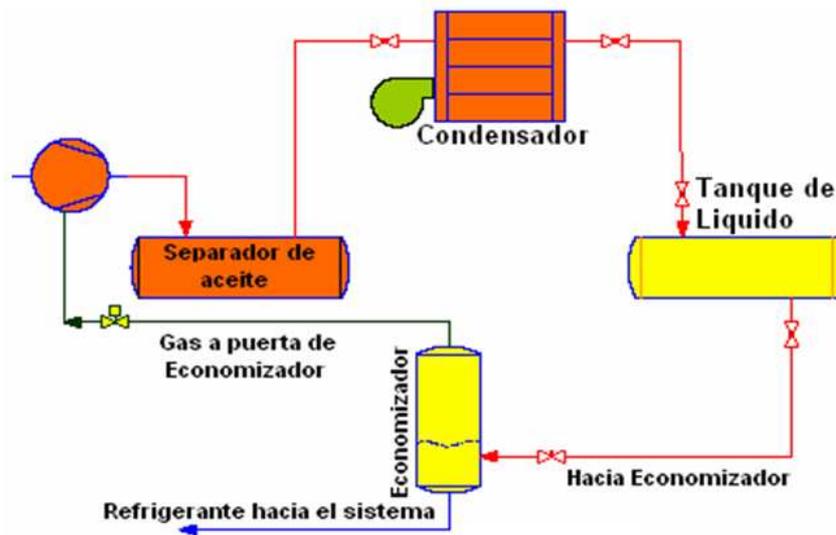


Figura 15. Sistema con Economizador

En el caso que se ilustra toda la masa de refrigerante del sistema es expansionada hasta la presión del puerto del economizador del compresor. El gas resultante de esta expansión es enviado hacia el compresor y el refrigerante sigue su camino hacia los evaporadores del sistema.

Es importante tomar en consideración que este último refrigerante ha logrado un subenfriamiento importante y por lo tanto el efecto refrigerante aumenta y por consiguiente la eficiencia en los evaporadores.

Tabla 8 Incremento de Capacidad

T° Succión	Capacidad TR	BHP	Capacidad TR	BHP
-40	71.8	248.2	74.9	254.4
-10	154.1	305.6	174.9	317.7
20	334.4	358.7	348.0	362.2
35	460.0	364.8	467.1	365.0

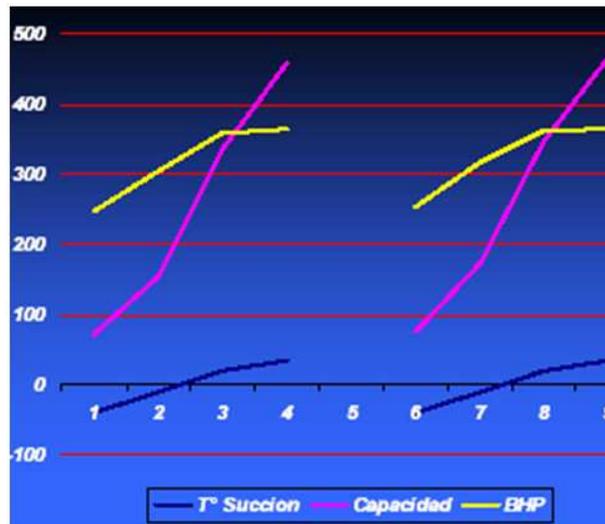


Figura 16. Curva Característica con Economizador

Las capacidades mostradas son de un compresor tipo tornillo operando a las condiciones de cada caso con enfriamiento de aceite externo, economizador el de la derecha, y sobrecalentamiento en la succión de 10°F y sub-enfriamiento de refrigerante líquido de 10°F. Las curvas de la izquierda son de un compresor sin economizador, las de la derecha lo incluyen y es del tipo “flash”

3.1.4 Eficiencia Energética en Sistemas de Refrigeración⁴

El concepto del uso eficiente de la energía o más bien conocido como Eficiencia Energética (EE), es reducir el costo del consumo eléctrico sin sacrificar el servicio final deseado.

Como primer paso del diagnóstico energético, es conocer muy bien las instalaciones. Los sistemas pueden ser variados y de diversa complejidad. Es importante identificar los equipos asociados y generar un esquema de las instalaciones, además de representarlos físicamente en un layout de la planta. A continuación se presenta un esquema típico de un sistema de refrigeración. Este puede tener múltiples compresores, evaporadores, condensadores y sistemas de expansión.

Idealmente sería de gran beneficio contar con un balance de energía de las instalaciones, con el fin entender cómo se consume la energía de refrigeración. Esto no está siempre disponible, pero podría ser de gran utilidad al momento de buscar oportunidades de E.E.

Además, es de gran importancia establecer los parámetros de operación, a lo largo de un día, mes o año. Realizar mediciones instantáneas de operación, así como a lo largo de un período, ayudará a verificar y a identificar el régimen de funcionamiento del sistema.

Se recomienda establecer índices de consumo energético, como por ejemplo consumo de energía eléctrica por toneladas de producto refrigerada (Kw./h/ton). Esto ayudará a monitorear el uso de energía de las instalaciones.

⁴ KLAUS P. Refrigeración. 5ta.ed. Chile: 2001. pp. 2-10

Mientras mayor sea la temperatura de evaporación de un sistema de refrigeración, menor será su consumo de energía. Un aumento de 1°C, podría significar ahorros que van entre un 1% y un 4%.

La reducción del volumen específico del refrigerante, asociado al aumento de la temperatura de evaporación, afecta la capacidad frigorífica del compresor y las pérdidas en la línea de succión. Es posible estimar que por cada 1°C de aumento en la temperatura de evaporación, podría obtenerse un aumento de un 4% a un 6% en la capacidad frigorífica del compresor.

Algunas maneras de reducir la temperatura de evaporación son:

- Mantener los evaporadores libre de hielo.
- Evitar obstrucciones al flujo de aire en las cámaras de frío.
- Mantener los intercambiadores de calor libre de obstrucciones, aceite, etc.
- Evitar la acumulación de aceite de los compresores en los evaporadores, para esto es necesario dimensionar correctamente las líneas de succión y utilizar separadores de aceite eficientes.
- Limpiar o cambiar periódicamente los filtros de refrigerante, con el fin de evitar minimizar las pérdidas de presión a través de ellos.
- Elevar la temperatura de evaporación hasta el mayor valor posible, en función de las necesidades del proyecto.

En la práctica, el aumento de la temperatura de evaporación conlleva un incremento en la exigencia al motor eléctrico del compresor. Esto implica que existe un aumento en el consumo eléctrico de este motor, pero en un porcentaje menor y no mayor al 50% del

incremento del rendimiento frigorífico. Fue estimado que el aumento de eficiencia energética del compresor podría alcanzar un valor de un 7%.

3.2 RECIPIENTES A PRESIÓN Y TUBERÍAS.

En los sistemas de refrigeración industrial se debe tener especial cuidado en el diseño y construcción de los elementos que van a contener refrigerante en estado líquido ya sea a baja o alta presión.



Figura 17. Recipientes a Presión y Tuberías

Los recipientes a presión y tuberías conllevan peligros inherentes que pueden causar cuantiosos daños a la propiedad y pérdidas de vidas humanas. Estas surgen como consecuencia de las presiones a que están sometidos los sistemas, las elevadas temperaturas y presiones de trabajo a las que funcionan, los ciclos impuestos por el servicio que pueden conducir a fallos o roturas por fatiga, y finalmente, el desgaste y roturas que ocurren en el

material con el paso del tiempo. Estas son algunas de las razones por las que, el diseño, la selección de los materiales, y los procesos de fabricación, son extremadamente importantes.

3.2.1 RECIPIENTES A PRESIÓN SEGÚN LAS NORMAS UNE⁵

Los recipientes e instalaciones destinados a contener líquidos refrigerantes son diseñados y contruidos de acuerdo a normas reconocidas internacionalmente tales como ASME, ISO, TRD, etc.

A continuación se detalla algunas normas para recipientes a presión.

- En el caso de recipientes e instalaciones para contener amoníaco se deberá cumplir con:
 - a. La presión de diseño no será en ningún caso inferior a los 17 kg/cm² en la etapa de alta y a los 10 kg/cm² en la etapa de baja.
 - b. Se procederá al radiografiado total de las costuras soldadas
 - c. Tanto la etapa de alta como la de baja deberán poseer doble válvula de seguridad a resorte en un mismo cuerpo, quedando una siempre en operación y otra en condiciones de realizársele mantenimiento. No deberá existir entre el cuerpo de la válvula y el recipiente, ninguna válvula intermedia que pueda bloquearla.
- Las válvulas de seguridad se regularán a un diez por ciento sobre la presión de trabajo. La liberación de dichas válvulas de seguridad será a un recipiente neutralizador, especialmente diseñado para tal efecto, teniendo en cuenta la contrapresión. Sé prohíbe la

⁵ NORMAS UNE. Recipientes a Presión. 4ta.ed. España: 2004. pp. 128-200

liberación de amoníaco, a través de las válvulas de seguridad, a los ambientes de trabajo o al medio circundante.

- En los recipientes que lleven tubo de nivel, se deberán colocar protecciones adecuadas para evitar la rotura del tubo por golpes, y contar con válvulas de cierre para impedir fugas en el caso de rotura.
- En las cañerías de todas las instalaciones de amoníaco se deberán colocar válvulas de bloqueo, manuales o automáticas, de acceso y funcionamiento rápido, que logren independizar secciones en caso de producirse fugas por rotura.
- En las instalaciones que operan con amoníaco se deberá realizar el mantenimiento necesario para evitar todo tipo de pérdidas al ambiente.
- Los recipientes que almacenen amoníaco no se ubicarán en áreas donde se realicen tareas de producción. Los mismos se instalarán en locales o salas de máquinas destinadas a tal fin.
- Los locales de los establecimientos donde se encuentren instalados los recipientes o equipos que contengan amoníaco se ajustarán a las siguientes disposiciones:
 - a. Estará prohibido el acceso a toda persona ajena al mismo;
 - b. Se implementarán sistemas mecánicos permanentes de ventilación, cuya salida no deberá estar cerca de una aspiración de aire;
 - c. No se permitirá la instalación de dos o más tanques, uno sobre otro, en un piso de una construcción;
 - d. Se dispondrá de equipos y elementos de seguridad para la protección personal. Los mismos estarán ubicados en lugares visibles y de fácil acceso, y serán revisados periódicamente;
 - e. Se instalarán lluvias de seguridad y lavaojos.

- Toda instalación destinada a producir frío, que utilice como líquido refrigerante amoníaco, deberá ser atendida en carácter permanente por un operador con capacitación especial en instalaciones de refrigeración. Dicha capacitación queda bajo responsabilidad de la empresa.
- La instalación de los equipos y tanques de almacenaje de líquidos refrigerantes será de forma tal que se pueda acceder con facilidad a los mismos por cualquiera de sus lados, para realizar cualquier tipo de maniobra, ya sean rutinarias o de emergencia.
- La habilitación de los equipos que contienen amoníaco se hará por medio de una prueba hidráulica a 1,5 veces la presión de trabajo y luego cada 8 años, se procederá a retirar totalmente el aislamiento, realizándose un estudio exhaustivo por ultrasonido; en el caso de detectarse con los cálculos de verificación, fallencias o anomalías en el equipo que hagan dudar de su seguridad o se deban realizar reparaciones, se procederá además a efectuar un ensayo de prueba hidráulica a la presión de diseño. Posteriormente se repondrá el aislamiento.
- En los recipientes que contienen amoníaco anualmente se realizará un control ultrasónico de espesores, reponiéndose posteriormente la barrera de vapor.
- En las cañerías que transportan amoníaco se realizará un control de aislamiento y corrosión con la frecuencia y la forma que se establezca por disposición complementaria.
- Las instalaciones de amoníaco deberán poseer los elementos de seguridad que se establecen como mínimo a continuación:
 - a. Instrumentos de medición de presiones, calibrados e identificados con los valores normales de funcionamiento.
 - b. Detectores de amoníaco en los recintos de la planta y áreas de peligro.
 - c. Válvulas de comando a distancia para accionamiento rápido en caso de fuga.

- d. Válvulas de alivio en líneas de amoníaco con líquido, para evitar el bloqueo en las mismas

3.2.1.1 EMPLAZAMIENTO Y DISTANCIAS

Los almacenamientos se situarán al aire libre y no en el interior de edificios. Los servicios móviles de seguridad deberán poder acceder al almacenamiento desde dos puntos opuestos, preferentemente según la dirección de los vientos predominantes. Habrá acceso y espacio suficiente para circulación y maniobra de la maquinaria de mantenimiento. El área del almacenamiento y alrededores deben estar libre de materiales combustibles, tales como residuos, grasas o maleza.

Las distancias mínimas exigidas entre tanques o depósitos de amoníaco anhidro y los diferentes lugares e instalaciones son:

Tabla 9 Distancias Mínimas a Tanques o Depósitos de Amoníaco

Lugares	Distancia (m)
Vía de comunicación pública de circulación rápida:	20
Vía de comunicación pública de tráfico denso y con posibilidad de retenciones	75
Lugar de concentración de personal de la propia factoría (edificio administrativo, comedor, vestuario):	50
Lugar de concentración del personal de establecimiento industrial ajeno a la propia factoría:	100
Agrupamiento de viviendas:	200
Local de pública concurrencia:	500

La distancia se medirá, en línea recta, entre los puntos más próximos de lugar o instalación considerada y la proyección vertical sobre el terreno del tanque o depósito más cercano.

Cualquier reducción de las distancias mínimas recomendadas requerirá la adopción de medidas de seguridad adicionales. Dichas medidas adicionales deberán ser justificadas en el proyecto.

3.2.1.2 CIMENTACIONES

Antes de definir el emplazamiento exacto de tanques y depósitos se determinarán la naturaleza y características previsible del terreno. La cimentación de depósitos esféricos y tanques requerirá el estudio geotécnico del terreno para determinar su resistencia, asentamiento general, diferencial previsible y nivel freático. Para fijar los asentamientos admisibles se considerará:

- a) El tipo de tanque o depósito.
- b) El asentamiento relativo entre la cimentación y las tuberías conexas al tanque o depósito.
- c) La uniformidad del subsuelo con respecto al asentamiento diferencial.

En lo posible se evitará la construcción de cimentaciones en:

- a) Terrenos en los que una parte de la cimentación quedaría sobre roca o terreno natural y otra parte sobre relleno o con profundidades variables de relleno o donde haya sido preciso una preconsolidación del terreno.
- b) Terrenos pantanosos o con material inestable en el subsuelo.
- c) Terrenos de dudosa estabilidad por proximidad a cursos de agua, excavaciones profundas, grandes cargas o fuertes pendientes.

- d) Terrenos en que los tanques o depósitos quedarían expuestos a posibles inundaciones que pudiesen dar lugar a flotación, desplazamiento o socavado.

3.2.1.2.1 FORMAS DE CIMENTACIÓN

- Los tanques se cimentarán sobre un anillo de hormigón armado según el perímetro del tanque, con material de relleno compactado en el espacio interior. Cuando las condiciones del terreno no lo permitan, se construirá una losa de apoyo de hormigón armado soportada por pilotes. Entre fondo y cimentación se dispondrá un aislamiento resistente a la compresión y con bajo coeficiente de fricción que permita los desplazamientos relativos del fondo. Para evitar la formación de hielo se dispondrá un sistema de calefacción bajo el aislamiento del fondo. Este sistema no será afectado por los asentamientos y debe prever la retirada parcial de los calentadores para mantenimiento. La temperatura se controlará por termopares situados en la cimentación e instalados de forma que puedan reemplazarse en caso de avería. El nivel freático debe quedar siempre por debajo de los calentadores. Las cimentaciones con losa de hormigón armado soportada por pilotes no necesitarán el sistema de calefacción si entre la superficie inferior de la losa y el terreno queda espacio suficiente para que haya circulación de aire.
- Para recipientes a presión se construirán cimentaciones de hormigón armado. Los recipientes a presión cilíndricos de eje horizontal se podrán cimentar sobre zapatas aisladas y los recipientes a presión esféricos sobre anillo rígido o zapatas aisladas rigidizadas entre sí. En este caso, los asentamientos diferenciales serán uniformes en el perímetro, tolerándose una variación de carga en las patas de apoyo si lo permiten las

condiciones de diseño. La nivelación de los depósitos esféricos se realizará con la máxima precisión para que el ecuador quede horizontal y se logre un reparto uniforme de las cargas en las patas de apoyo.

- Las cimentaciones se diseñarán según la normativa vigente relativa a las condiciones de diseño y ejecución de obras metálicas y de hormigón. Los cálculos tendrán en cuenta las condiciones de servicio y de prueba. En la hipótesis de simultaneidad exigida para las normas, los cálculos considerarán el peso propio del tanque o depósito y del aislamiento, contenido con amoníaco y con agua, acciones térmicas sobre la cimentación y efectos de viento, nieve y movimiento sísmico.
- Para almacenamientos refrigerados y semirefrigerados la capacidad del cubeto será suficiente para retener el líquido que se calcule en el proyecto que no se evaporará instantáneamente en caso de colapso del tanque o recipiente a presión de mayor capacidad.
- Para almacenamientos no refrigerados la capacidad del cubeto será suficiente para retener el 50 por 100 de la capacidad del recipiente mayor en él contenido.

3.2.1.3 CONSTRUCCIÓN, INSPECCIONES Y PRUEBAS DE TANQUES Y RECIPIENTES A PRESIÓN

La capacidad máxima de un tanque o recipiente a presión se determinará de forma que el amoníaco anhidro líquido no ocupe más del 95 por 100 del volumen total, tras dilatarse al incrementar su temperatura hasta la máxima que pueda alcanzar en servicio. Los grados de llenado máximo de amoníaco anhidro para tanques y recipientes a presión de los distintos

tipos de almacenamiento serán los siguientes, expresados en kilogramos de amoníaco anhidro por litro de volumen del tanque o recipiente a presión:

- a) Almacenamiento refrigerado: 0,64.
- b) Almacenamiento semirefrigerado con temp. máxima en servicio inferior a 5 °C: 0,60.
- c) Almacenamiento no refrigerado: 0,53.

Los tanques y recipientes a presión se diseñarán de acuerdo con las presiones y temperaturas más desfavorables que puedan producirse en servicio y en prueba. La presión de diseño será siempre superior a la presión máxima de servicio. Para los recipientes no refrigerados la presión de diseño será, como mínimo, 22 bar.

Se considerará, como mínimo, 1 milímetro de sobre espesor de corrosión para tanques y recipientes a presión, y 2 milímetros para tubuladuras de las conexiones.

Los tanques y recipientes a presión se diseñarán de acuerdo con códigos de reconocida solvencia, tales como Api Standard 620 Appendix R o British Standard 4741, para almacenamientos refrigerados, y CODAP, Asme Sección VIII, British Standard 5500 o AD Merkblätter, para almacenamientos semirefrigerados y no refrigerados.

Una vez elegido el código de diseño, se aplicará sin efectuar combinaciones de cálculos y criterios de diferentes códigos.

Cuando, para un determinado cálculo, no haya herramientas de cálculo en el código elegido, se podrán usar otros códigos o procedimientos de cálculo.

3.2.1.3.1 CALIDAD DE LOS MATERIALES.

El cilindro, los tubos, en un sistema de refrigeración están sujetos a presiones que van desde 2 Kg/cm² (28.6 psi) hasta presiones superiores a 15 Kg/cm² (214.5 psi), esfuerzos continuos y elevadas temperaturas, cuando el sistema está en servicio; por lo tanto los elementos de los sistemas de refrigeración que contengan líquido deberán estar contruidos con los materiales adecuados para resistir estas condiciones de trabajo.

Los materiales a utilizar cumplirán los requisitos del código de diseño. Sus características deberán satisfacer las condiciones más desfavorables de presión y temperatura que puedan producirse durante el servicio y en la prueba, y se controlarán mediante los ensayos adecuados.

El material de los componentes del tanque o recipiente a presión en contacto con amoníaco anhidro y de los demás componentes unidos directamente a los mismos, será acero de límite elástico inferior a 490 N/mm² (50 kg/mm²) y buenas características de soldabilidad, ductilidad y tenacidad. Para recipientes a presión semirefrigerados y tanques los materiales de los mismos componentes tendrán también resistencia al impacto.

Uno de los aceros más usados en los propósitos generales en la construcción de recipientes a presión es el SA-283 C. Estos aceros tienen una buena ductilidad, fusión de soldadura y fácilmente maquinables. Este es también uno de los aceros más económicos apropiados para recipientes a presión; sin embargo, su uso es limitado a recipientes con espesores de placas que no excedan de 5/8" para recipientes con un gran espesor de cascarón y presión de operación moderadas el acero SA-285 C es muy usado. En el caso de presiones altas o

diámetros largos de recipientes, un acero de alta resistencia puede ser usado como el acero SA-212 B es conveniente para semejantes aplicaciones y requiere un espesor de cascarón de solamente de 790% que el requerido por el SA-285 C. Este acero es también fácilmente fabricado pero es más caro que otros aceros.

El acero SA-283 no puede ser usado en aplicaciones con temperaturas sobre 650°F; el SA-285 no puede ser usado en aplicaciones con temperaturas que excedan de 900°F, y el SA-212 tiene muchos esfuerzos permisibles bajos en las temperaturas más altas, por lo que el acero para temperaturas entre 650 y 1000°F.

El acero SA-204, el cual contiene 0.4 a 0.6% de molibdeno es satisfactorio y tiene buenas cualidades. Para temperaturas de servicio bajas (-50 a -150°F) un acero niquelado tal como un SA-203 puede ser usado.

Los esfuerzos permisibles para estos aceros no están especificados por temperaturas bajas de -20°F. Normalmente el fabricante hace pruebas de impacto para determinar la aplicación del acero y fracturas a bajas temperaturas.

En la etapa de diseño de recipientes a presión, la selección de los materiales de construcción es de relevante importancia, para lo cual necesitamos definir una secuencia lógica para la selección de estos. Además, los materiales sugeridos deben ser evaluados-

- Vida estimada de la planta
- Duración estimada del material
- Confiabilidad del material

- Disponibilidad y tiempo de entrega del material
- Costo del material
- Costo de mantenimiento e inspección

Tabla 10 Aceros Recomendables para Diferentes Temperaturas

TEMPERATURA °C	TEMPERATURA °F	MATERIAL PARA CASCARON	CABEZAS Y PLANTILLAS DE REFUERZO
-67 a -46.1	-90 a -51	SA-203 B*	SA-203 A
-45.6 a -40.5	-50 a -41	SA-516-65	SA-203 B
-40 a 15.6	-40 a +60	SA-516-70+	SA-516-65
15.6 a 343	+60 a 650	SA-285-C	SA-515-70
344 a 412.8	651 a +775	SA-515-70	-----

- Para espesores mayores de 51 mm llevarán relevado de esfuerzos.
- Para temperaturas de -20°F llevará relevado de esfuerzos.

Los materiales usados para fabricar recipientes a presión deben tener buenas propiedades de soldabilidad, dado que la mayoría de los componentes son de construcción soldada. Para el caso en que se tengan que soldar materiales diferentes entre él, estos deberán ser compatibles en lo que a soldabilidad se refiere. Un material, cuando más elementos contenga, mayores precauciones deberán tomarse durante los procedimientos de soldadura, de tal manera que se conserven las características que proporcionan los elementos de aleación.

3.2.1.3.2 TIPOS DE CARGAS.

La calidad de los materiales no solo se deberá analizar desde el punto de vista del fluido que se tenga en su interior, sino además de las cargas que este deberá soportar tanto en funcionamiento como en su instalación.

Tabla 11 Cargas Generales

Carga Por Compresión	Cargas Lógicas.	Cargas Estables.	Cargas Inestables.
<ul style="list-style-type: none"> • Sismo, montaje, transporte, etc. • Cargas de tensión: • Compresión, peso propio, equipo instalado, plataforma, tubería, escalera. • Cargas térmicas: • Viento, sismo, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Radial • De corte • De tensión • Tangencial • De momento • Térmicas 	<ul style="list-style-type: none"> • Por presión • Por peso propio • Por contenido • Por tubería y equipo • Por soporte • Térmicas • Por viento 	<ul style="list-style-type: none"> • Por prueba hidrostática • Por sismo • Montaje • Por transportación • Térmica • Arranque y paro

3.2.1.3.3 ELEMENTOS DE SEGURIDAD

Se construirán de material adecuado para trabajar con amoníaco anhídrido. No se utilizará cobre ni sus aleaciones, ni se usarán instrumentos que contengan mercurio.

3.2.1.3.3.1 CONEXIONES

Todas las conexiones de tanques y recipientes a presión, excepto las de válvulas de seguridad, tendrán válvulas de cierre instaladas lo más cerca posible del punto de conexión.

Además, las conexiones utilizadas para trasiego de líquido situadas por debajo del máximo nivel de llenado dispondrán de válvulas de bloqueo con accionamiento a distancia o de retención en conexiones de llenado o de cierre por exceso de caudal.

- a. Cada tanque o recipiente a presión dispondrá, como mínimo, de dos válvulas de seguridad de presión, excepto los recipientes a presión de capacidad inferior a 100 m³ que podrán tener una. El número de válvulas de seguridad y su capacidad de descarga permitirá que puedan desmontarse individualmente sin que la protección disminuya, excepto para los recipientes a presión de capacidad inferior a 100 m³. La presión de tarado de las válvulas de seguridad se determinará conforme a las prescripciones del código de diseño y construcción. Los tanques dispondrán también, como mínimo, de dos válvulas de seguridad de vacío, pudiéndose utilizar el tipo de válvula doble de presión y vacío.
- b. Cada tanque o recipiente a presión estará equipado con un indicador permanente que permita controlar el nivel del líquido contenido. Además, dispondrá, como mínimo, de un dispositivo de nivel máximo o de un segundo indicador de nivel independiente del anterior y de distinto tipo con señalización óptica y acústica.
- c. En los tanques se dispondrán alarmas independientes de alta y baja presión, con señalización óptica y acústica.
- d. Los tanques y recipientes a presión tendrán, como mínimo, dos tomas de tierra, que se ajustarán a lo establecido en el Reglamento electrotécnico de baja tensión.

3.2.1.3.3.2 CONSTRUCCIÓN.

Los materiales de aportación y los procedimientos de soldadura cumplirán los requerimientos del código de diseño y construcción. No se utilizarán materiales de aportación al carbono molibdeno.

Deberán someterse a tratamiento térmico de recocido las chapas componentes del tanque o recipiente a presión en contacto con amoníaco anhidro que tengan soldadas conexiones refuerzos, soportes o arranques de patas de apoyo. No será necesaria la realización de este tratamiento cuando las características del material y del almacenamiento no lo hagan imprescindible, debiendo justificarse en el proyecto.

- a. Se procurará disminuir en lo posible las fijaciones provisionales para construcción soldadas a la superficie exterior del tanque o recipiente a presión.
- b. No se admitirán fijaciones provisionales sobre la superficie interna.
- c. Las fijaciones provisionales externas se cortarán sin dañar el material base. Tras esmerilar la superficie, se inspeccionará la huella con líquidos penetrantes.

En las fijaciones provisionales externas que no se eliminen se inspeccionará la soldadura con líquidos penetrantes.

3.2.1.3.3.3 INSPECCIONES Y PRUEBAS.

Los tanques y recipientes a presión serán inspeccionados y probados antes de la puesta en servicio inicial. Posteriormente se inspeccionarán y probarán en forma periódica y cuando se efectúen reparaciones o modificaciones.

En los recipientes a presión, sometidos también al Reglamento de aparatos a presión, las inspecciones y pruebas idénticas exigidas por el citado Reglamento y esta instrucción técnica complementaria se efectuarán de manera única y común.

En casos especiales en que por causas técnicas justificadas se considere conveniente la exención, sustitución o variación en alcance o periodicidad de algunas de las inspecciones o pruebas, la parte interesada solicitará autorización al órgano competente de la Comunidad Autónoma.

Las inspecciones y pruebas, tanto iniciales como periódicas, se llevarán a efecto por el órgano competente. La certificación de inspecciones y pruebas por el organismo de control se efectuará por triplicado, destinando un ejemplar para el titular del almacenamiento y otro para el órgano competente de la Comunidad Autónoma.

Los tanques y recipientes a presión se someterán, durante su construcción y previamente a su puesta en servicio, a las siguientes inspecciones y pruebas iniciales para comprobación de las características y valores requeridos en sus respectivos códigos de diseño y construcción.

- a) Análisis químico, carga de rotura, límite elástico, alargamiento, plegado, control dimensional y ultrasónico del material de los componentes del tanque o recipiente a presión en contacto con amoníaco anhidro y de los demás componentes unidos directamente a ellos, como conexiones, refuerzos, soportes o arranques de patas de apoyo. Además, en recipientes refrigerados y semirefrigerados, micrografía de tamaño de grano y ensayo de resiliencia de los mismos componentes. Las chapas se inspeccionarán con ultrasonidos en cuadrícula de 200 mm.
- b) Análisis químico y características mecánicas del material de aportación para soldaduras.
- c) Inspección por partículas magnéticas, líquidos penetrantes y radiografiados de soldaduras de acuerdo con los requisitos y el alcance que especifique el código de diseño y construcción.

- d) Prueba neumática de refuerzos de conexiones.
- e) En tanques, pruebas con caja de vacío de las soldaduras del fondo y con caja de vacío o con aceite penetrante de las soldaduras entre fondo y pared.
- f) En tanques, prueba de llenado con agua y presurización con aire, y en recipientes a presión, prueba hidráulica de presión.
- g) Tarado, en las válvulas de seguridad y, en su caso, de las de vacío.

Los recipientes a presión contruidos en taller requerirán certificado del fabricante, en el que hará constar que cumple la Reglamentación en vigor, el código y normas utilizadas en la fabricación, pruebas a que ha sido sometido y resultado de las mismas, incluyendo una copia del acta correspondiente a la prueba hidráulica.

Si se tratase de un recipiente a presión de tipo serie, se hará constar que coincide plenamente con el modelo para el que se extendió la certificación de conformidad con lo establecido en el Reglamento de Aparatos a Presión. Los tanques o recipientes a presión contruidos en el emplazamiento requerirán certificado del constructor, en el que hará constar que cumple la reglamentación en vigor, el código y normas utilizados en la construcción, pruebas a que han sido sometidos y resultado de las mismas, incluyendo una copia del acta correspondiente a la prueba hidráulica.

Para realizar cualquier reparación o modificación de tanques o recipientes a presión que afecte a los componentes en contacto con amoníaco anhidro será necesario:

- a) Cumplir con los requerimientos e inspecciones exigidos por el código de diseño y construcción para la reparación o modificación de que se trate.

- b) Efectuar en el tanque o recipiente a presión reparado o modificado una prueba de valor y condiciones iguales a las de la prueba inicial, apartado 2.a) de este artículo, aplicables al caso.
- c) Las inspecciones y pruebas periódicas a las que deberán someterse los tanques y recipientes a presión son las siguientes:
- Inspección exterior: consiste en la inspección visual del estado de las superficies exteriores, aislamiento, pintura, conexiones, tornillería, tomas de tierra, escaleras, soportes, columnas, anclajes, cimentaciones y, en general, de todos los elementos que se puedan revisar sin necesidad de poner fuera de servicio el tanque o recipiente a presión.
 - Inspección interior: tiene por objeto conocer la situación del tanque o recipiente a presión, en cuanto a corrosión, agrietamientos y estado de las soldaduras. Consistirá, como mínimo, en la medición de espesores de paredes, fondos y techo; inspección visual de las superficies internas y detección de grietas mediante partículas magnéticas húmedas en las soldaduras de todas las conexiones y en el 50 por 100 de los cruces de soldaduras de paredes y fondos. La inspección se realizará en una longitud mínima de 200 mm de cada soldadura concurrente y comprenderá la propia soldadura y una superficie de 50 mm de ancho a cada lado de la misma. La presencia de grietas implicará extender la inspección a toda la longitud de la soldadura defectuosa.

Las inspecciones y pruebas citadas en el apartado 4 de este artículo se efectuarán, a partir de la fecha de puesta en servicio, con la periodicidad siguiente:

- a) Inspección exterior: cada cinco años, como máximo.
- b) Inspección interior: cada diez años, como máximo.

Además, los recipientes a presión, excepcionalmente, a los cinco años de la citada fecha de puesta en servicio, se someterán a inspección interior. La prueba se realizará cada diez años, como máximo, manteniéndose un registro de todas las inspecciones realizadas.

3.2.2 TUBERÍAS

El diseño de un sistema de tuberías consiste en el diseño de sus tuberías, brida y su tortillería, empaaduras, válvulas, accesorios, filtros, trampas de vapor juntas de expansión. También incluye el diseño de los elementos de soporte, tales como zapatas, resortes y colgantes, pero no incluye el de estructuras para fijar los soportes, tales como fundaciones, armaduras o pórticos de acero.

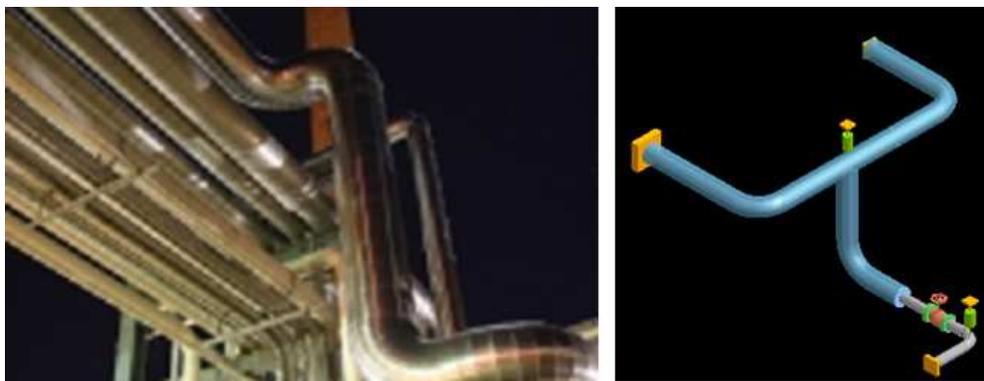


Figura 18. Tuberías Refrigeración Industrial

Aún en el caso en que los soportes sean diseñados por un ingeniero estructural, el diseñador mecánico de la tubería debe conocer el diseño de los mismos, por la interacción directa entre tuberías y soportes.

3.2.2.1 PROCEDIMIENTO DE DISEÑO DE TUBERÍAS

La lista siguiente muestra los pasos que deben completarse en el diseño mecánico de cualquier sistema de tuberías:

- Establecimiento de las condiciones de diseño incluyendo presión, temperaturas y otras condiciones, tales como la velocidad del viento, movimientos sísmicos, choques de fluido, gradientes térmicos y número de ciclos de varias cargas.
- Determinación del diámetro de la tubería, el cual depende fundamentalmente de las condiciones del proceso, es decir, del caudal, la velocidad y la presión del fluido.
- Selección de los materiales de la tubería con base en corrosión, fragilización y resistencia.
- Selección de las clases de "rating" de bridas y válvulas.
- Cálculo del espesor mínimo de pared (Schedule) para las temperaturas y presiones de diseño, de manera que la tubería sea capaz de soportar los esfuerzos tangenciales producidos por la presión del fluido.
- Establecimiento de una configuración aceptable de soportes para el sistema de tuberías.
- Análisis de esfuerzos por flexibilidad para verificar que los esfuerzos producidos en la tubería por los distintos tipos de carga estén dentro de los valores admisibles, a objeto de comprobar que las cargas sobre los equipos no sobrepasen los valores límites, satisfaciendo así los criterios del código a emplear.

Si el sistema no posee suficiente flexibilidad y/o no es capaz de resistir las cargas sometidas (efectos de la gravedad) o las cargas ocasionales (sismos y vientos), se dispone de los siguientes recursos:

- Reubicación de soportes
- Modificación del tipo de soporte en puntos específicos
- Utilización de soportes flexibles
- Modificación parcial del recorrido de la línea en zonas específicas
- Utilización de lazos de expansión
- Presentado en frío

El análisis de flexibilidad tiene por objeto verificar que los esfuerzos en la tubería, los esfuerzos en componentes locales del sistema y las fuerzas y momentos en los puntos terminales, estén dentro de límites aceptables, en todas las fases de operación normal y anormal, durante toda la vida de la planta.

Las normas más utilizadas en el análisis de sistemas de tuberías son las normas conjuntas del American Estándar Institute y la American Society of Mechanical Engineers ANSI/ASME B31.1, B31.3, etc. Cada uno de estos códigos recoge la experiencia de numerosas empresas especializadas, investigadores, ingenieros de proyectos e ingenieros de campo en áreas de aplicación específicas. En lo que conciernen al diseño todas las normas son muy parecidas, existiendo algunas discrepancias con relación a las condiciones de diseño, al cálculo de los esfuerzos y a los factores admisibles.

3.2.2.2 CARGAS DE DISEÑO PARA TUBERÍAS

Un sistema de tuberías constituye una estructura especial irregular y ciertos esfuerzos pueden ser introducidos inicialmente durante la fase de construcción y montaje. También ocurren

esfuerzos debido a circunstancias operacionales. A continuación se resumen las posibles cargas típicas que deben considerarse en el diseño de tuberías.

- Cargas por la presión de diseño, es la carga debido a la presión en la condición más severa, interna o externa a la temperatura coincidente con esa condición durante la operación normal.
- Cargas por peso,
 - Peso muerto incluyendo tubería, accesorios, aislamiento, etc.
 - Cargas vivas impuestas por el flujo de prueba o de proceso.
 - Efectos locales debido a las reacciones en los soportes.
- Cargas dinámicas
 - Por efecto del viento, ejercidas sobre el sistema de tuberías expuesto al viento
 - Cargas sísmicas que deberán ser consideradas para aquellos sistemas ubicados en áreas con probabilidad de movimientos sísmicos
 - Cargas por impacto u ondas de presión, tales como los efectos del golpe de ariete, caídas bruscas de presión o descarga de fluidos
 - Vibraciones excesivas inducidas por pulsaciones de presión, variaciones en las características del fluido, o resonancia causada por excitaciones de maquinarias o del viento.

3.2.2.3 EFECTOS DE LA EXPANSIÓN Y/O CONTRACCIÓN TÉRMICA

Entre las cuales tenemos, cargas térmicas y de fricción inducidas por la restricción al movimiento de expansión térmica de la tubería.

Cargas inducidas por un gradiente térmico severo o diferencia en las características de expansión (diferentes materiales)

- Efectos de los Soportes, Anclajes y Movimiento en los Terminales
 - Expansión térmica de los equipos
 - Asentamiento de las fundaciones de los equipos y/o soportes de las tuberías

3.2.2.4 ESFUERZOS ADMISIBLES

Los esfuerzos admisibles se definen en términos de las propiedades de resistencia mecánica del material, obtenidas en ensayos de tracción para diferentes niveles de temperatura y de un factor de seguridad global. La norma ASME B31.3 estipula dos criterios para el esfuerzo admisible. Uno es el llamado "esfuerzo básico admisible" en tensión a la temperatura de diseño, con la cual están familiarizados los que se dedican al diseño de equipos sometidos a presión, es menos conocido y se le denomina "rango de esfuerzo admisible", el cual se deriva del esfuerzo básico admisible y se emplea como base para el cálculo de la expansión térmica y para el análisis de flexibilidad.

Tabla 12 Esfuerzos Admisibles en Función de las Cargas

Para cargas aplicadas	Esfuerzos Admisibles
Esfuerzos de pared circunferenciales producidos por la presión; no deben exceder	S.E.
Esfuerzos longitudinales combinados, producidos por la presión, peso y otras cargas; no deben exceder	S

S = Esfuerzo básico admisible a la temperatura de diseño, para el material seleccionado
E = Eficiencia de la soldadura longitudinal o factor de calidad de la fundición asociada con el Diseño específico y los requerimientos de inspección

3.2.3 MATERIALES

Los aceros al carbón y de baja aleación son usualmente usados donde las condiciones de servicio lo permitan por los bajos costos y la gran utilidad de estos aceros. Los recipientes a presión pueden ser fabricados de placas de acero conociendo las especificaciones de SA-7, SA-113 C y SA-283 A, B, C, y D, con las siguientes consideraciones:

- Los recipientes no contengan líquidos ó gases letales.
- La temperatura de operación está entre -20 y 650°F.
- El espesor de la placa no exceda de 5/8"
- El acero sea manufacturado por horno eléctrico u horno abierto.
- El material no sea usado para calderas.

El código ASME indica la forma de suministro de los materiales más utilizados, lo cual va implícitas en su especificación. Debido a la existencia de diferentes materiales disponibles en el mercado, en ocasiones no resulta sencilla la tarea de seleccionar el material ya que deben considerarse varios aspectos como costos, disponibilidad de material, requerimientos de procesos y operación, facilidad de formato, etc.

3.2.3.1 PROPIEDADES QUE DEBEN TENER LOS MATERIALES PARA SATISFACER LAS CONDICIONES DE SERVICIO.

- Propiedades mecánicas, al considerar las propiedades mecánicas del material es deseable que tenga buena resistencia a la tensión, alto nivel de cadencia, por cierto de alargamiento

alto y mínima reducción de área. Con estas propiedades principales se establecen los esfuerzos de diseño para el material en cuestión.

- Propiedades físicas, en este tipo de propiedades se buscará que el material deseado tenga coeficiente de dilatación térmica.
- Propiedades químicas, la principal propiedad química que debemos considerar en el material que utilizaremos en la fabricación de recipientes a presión es su resistencia a la corrosión. Este factor es de muchísima importancia ya que un material mal seleccionado nos causará muchos problemas, las consecuencias que se derivan de ello son:
 - Reposición del equipo corroído. Un material que no sea resistente al ataque corrosivo puede corroerse en poco tiempo de servicio.
 - Sobre diseño en las dimensiones. Para materiales poco resistentes al ataque corrosivo puede ser necesario dejar un excedente en los espesores dejando margen para la corrosión, esto trae como consecuencia que los equipos resulten más pegados, de tal forma que encarecen el diseño además de no ser siempre la mejor solución.
 - Mantenimiento preventivo. Para proteger los equipos del medio corrosivo es necesario usar pinturas protectoras.
 - Paros debido a la corrosión de equipos. Un recipiente a presión que ha sido atacado por la corrosión necesariamente debe ser retirado de operación, lo cual implica las pérdidas en la producción.
 - Contaminación o pérdida del producto. Cuando los componentes de los recipientes a presión se han llegado a producir perforaciones en las paredes metálicas, los productos de la corrosión contaminan el producto, el cual en algunos casos es corrosivo.

CAPÍTULO IV

4. PARTES DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Los sistemas de refrigeración están integrados fundamentalmente de: Compresor, condensador, evaporador, controlador de flujo (válvula de expansión termostática), accesorios mecánicos, accesorios de control y seguridad, elementos eléctricos y electrónicos y equipos auxiliares.

4.1 COMPRESOR.

El compresor es el equipo encargado de succionar el gas evaporado y comprimirlo aumentando su temperatura utilizando la energía suministrada por un motor. Los compresores de acuerdo al sistema empleado para comprimir el refrigerante pueden ser reciprocantes (de pistón) o rotatorios helicoidales (tornillo).

4.1.1 COMPRESOR RECIPROCANTE⁶.

El compresor MYCOM es de tamaño reducido con relación a la capacidad frigorífica. En consecuencia la superficie ocupada y el peso son menores comparativamente a las máquinas frigoríficas industriales de capacidad análogas. Está diseñado de tal manera que su control de capacidad lo realiza automáticamente mediante un mecanismo descargador que actúa según las variaciones en la presión de aspiración.

⁶ REFRICOLOMBIA. Seminario Refrigeración Industrial. Colombia: 2008. pp. 17-25

En la puesta en marcha la carga se reduce automáticamente por medio de dicho mecanismo permitiendo que el compresor arranque con el mínimo par. La carga se alcanza únicamente después que el compresor ha llegado a la velocidad de régimen, reduciendo el par de arranque del motor. Esto significa que puede ser accionado por motores de menor par de arranque que los compresores similares de otra marca.

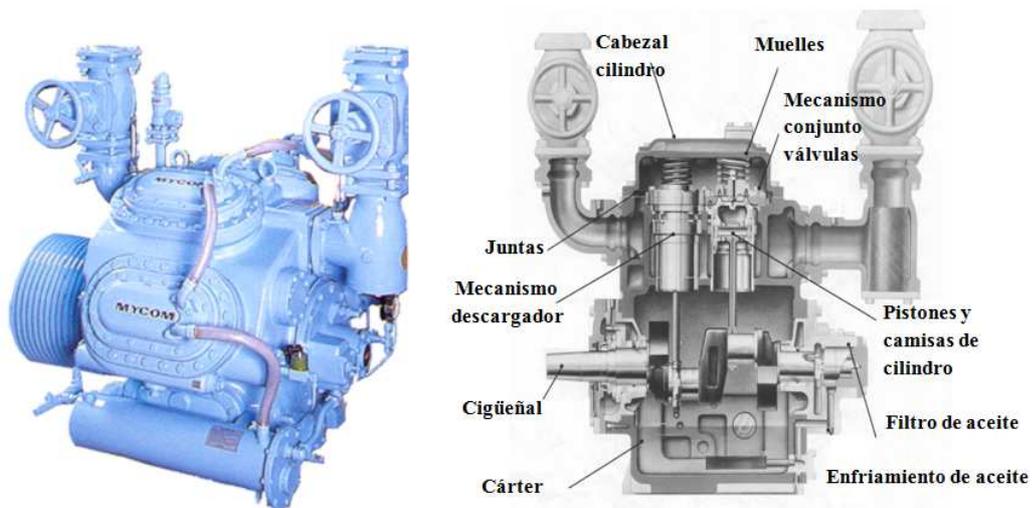


Figura 19. Compresor Reciprocante

4.1.2 COMPRESIÓN EN DOBLE ESCALÓN

El compresor de doble escalón está diseñado con doble cámara de aspiración y dos zonas de descarga. En el interior existe dos divisiones de forma que cada una realiza la función de los compresores de simple escalón. Dos cilindros del compresor funcionan en el escalón de alta presión y dependiendo del tipo de compresores, los otros 4 o 6 cilindros trabajan en el escalón de baja presión. Visto el compresor del lado de la bomba de aceite, los cilindros de

baja presión están en el lado derecho del compresor. La cámara de aspiración y la zona del cárter correspondiente al cigüeñal, están en comunicación mediante un orificio de igualización de presión de 6 mm de diámetro existiendo otro agujero de 5 mm de diámetro entre el fondo de la cámara de aspiración y la zona del cigüeñal, que sirve como drenaje del aceite que puede retornar del evaporador y evitar la formación de espumas. Los cilindros de alta presión están situados en el lado del enfriador de aceite. La cámara de aspiración del escalón de alta presión esta separada de la cámara de aspiración de la parte de baja presión por una pared y la estanquidad o cierre es mantenido por la utilización de la junta tórica según la figura 20, situada en la parte inferior de la camisa del cilindro. El cilindro queda por lo tanto estancado por la zona del cárter que aloja el cigüeñal, cuando la cámara de aspiración del escalón de alta alcanza una presión media durante el trabajo.

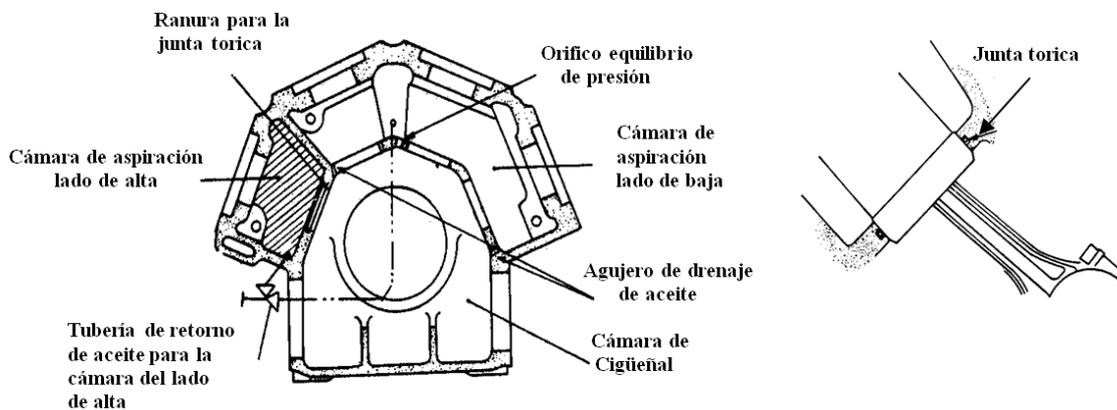


Figura 20. Compresor de Doble Escalón

Una tubería con su valvula correspondiente une la cámara de aspiración del lado de alta presión a la cámara de aspiración del escalón de baja presión con el fin de llevar cualquier cantidad de aceite que se recoja en la cámara de aspiración de alta presión.este flujo de aceite es regulado por una válvula de mano. El aceite del lado de alta presión pasa al lado de baja, y

de aquí al cárter a través del agujero del drenaje del aceite situado en el fondo de la cámara de aspiración del lado de baja presión. La presión diferencial entre alta y baja (aspiración) empuja el aceite a través de la tubería. Se debe tener en cuenta de no abrir la válvula de paso más de $\frac{1}{4}$ de vuelta, ya que puede haber un flujo grande de gas de media presión pasando al lado de baja. Sin embargo si la válvula esta completamente cerrada, la cámara de aspiración del lado de alta se puede llenar de aceite y dañar las válvulas de aspiración y descarga del lado de alta, por el “martilleo” del aceite. Se debe tener mucho cuidado cuando se utilice un compresor de dos etapas como simple etapa en reducir periódicamente la presión en el escalón de baja, con el fin de permitir que el aceite acumulada en la zona de alta presión fluya al lado de baja.

4.1.3 OPERACIÓN Y COMPONENTES PRINCIPALES.

El refrigerante que viene del evaporador entra a través de la válvula de servicio de la aspiración, en el cuerpo filtro de aspiración exterior (2) en donde son separadas las impurezas.

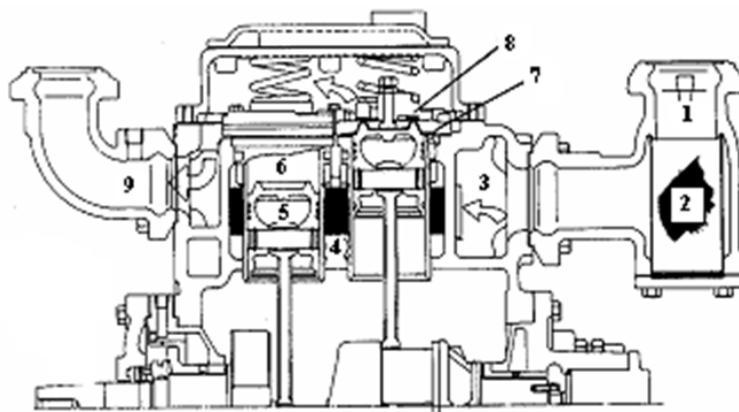


Figura 21. Mecanismo de Compresión

Después de pasar por el filtro de aspiración propiamente dicho (3) penetra en la cámara de aspiración del cárter (4). Cuando el pistón (5) comienza el recorrido de aspiración, la presión en el cilindro desciende (6), permitiendo que el gas situado en la cámara de aspiración pase al mismo una vez levantadas o abiertas las válvulas de aspiración (7). Cuando el pistón empieza la carrera ascendente, la válvula de aspiración se cierra y el gas se comprime. Cuando la presión del gas es mayor que la presión de la sección de la descarga empuja la válvula de descarga (8) y el gas comprimido es enviado a dicha sección. Entonces pasa a través del colector y de la válvula de servicio en la descarga (9) y va al condensador.

4.1.3.1 MUELLE DE SEGURIDAD DEL CABEZAL Y CONJUNTO DE VÁLVULAS.

El muelle de seguridad del cabezal se encuentra comprimido entre el cabezal y el conjunto de válvulas de descarga. Su función es evitar los daños causados por golpes de líquido producido por refrigerante, aceite o materias extrañas que pueden entrar en el cilindro y que causen presiones anormales en la válvula de descarga.

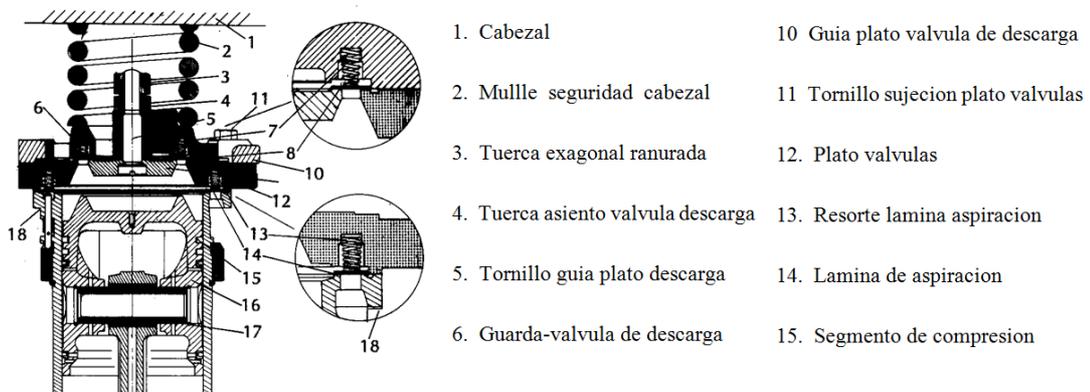
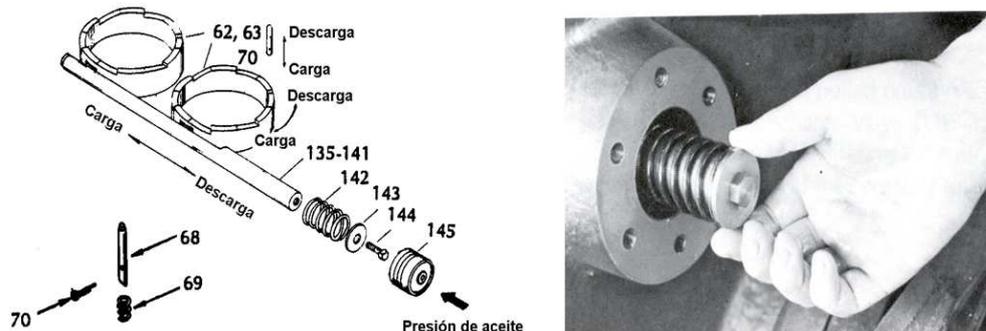


Figura 22. Sección del Conjunto Válvula de Aspiración

4.1.3.2 SISTEMA DE DESCARGADORES DE CAPACIDAD.

El funcionamiento de los descargadores de capacidad se controlan hidráulicamente por medio de una válvula manual o una válvula solenoide.



62,63 Anillo de levas	68 Bulón de elevación	135,141 Eje arrastre
142 Resorte descargador	143 Arandela de arrastre	144 Tornillo amarre eje arrastre
145 Pistón descargador		

Figura 23. Sección de Descarga

La presión de aceite se aplica sobre el pistón. Cuando la presión de aceite no actúa sobre él, dicho pistón descargador se mueve al producirse un desequilibrio entre la presión de aceite el resorte. Entonces el vastago empieza a trabajar girando el anillo de levas de derecha a izquierda. El anillo de levas tiene un corte lateral y unos bulones de elevación que producen el movimiento vertical a lo largo de la cara lateral. El bulón de elevación empuja la lámina de aspiración sobre la superficie de la camisa por lo tanto el gas escapa por la misma aspiración cuando el pistón efectúa la carrera de compresión. Esto indica que el mecanismo descargador esta descargado. Por lo contrario cuando los bulones de elevación descienden al fondo de las ranuras del anillo de levas y la lámina esta en su asiento, el mecanismo de descarga se encuentra en posición cargado.

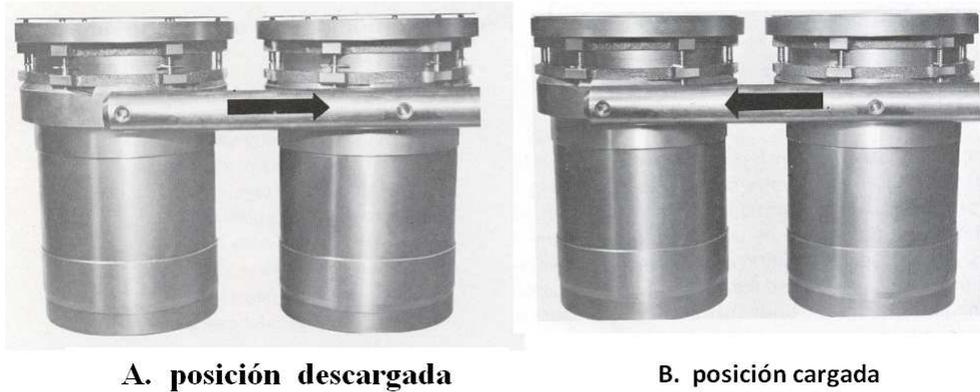


Figura 24. Mecanismo de Descarga

Como la presión de aceite de la bomba se aplica al mecanismo de descarga a través del orificio regulador, el mecanismo vuelve a la posición de descargado si disminuye la presión de aceite, bien cerrando la válvula manual o cuando se abre la válvula solenoide en funcionamiento. La tapa del descargador tiene una válvula manual o solenoide exteriormente montada.

- | | |
|---|--|
| 1.) Funcionamiento con válvula solenoide: | 2.) Funcionamiento con válvula manual. |
| Carga Cierra. | Carga Girar a la derecha. |
| No carga..... Abre. | No carga..... Girar a la izquierda. |

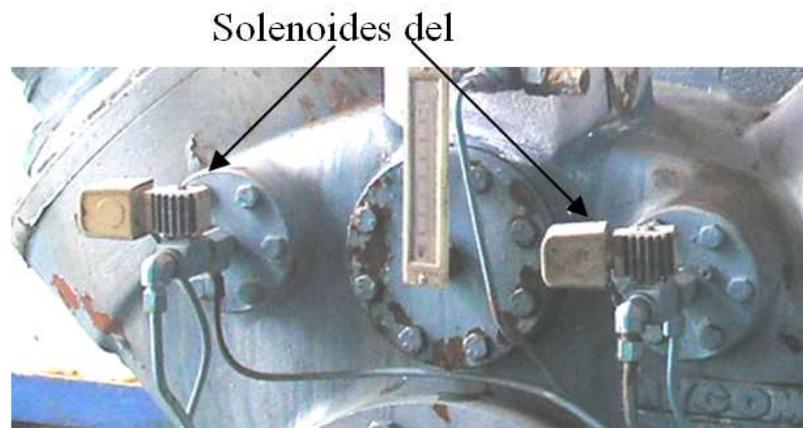


Figura 25. Tapa de Descargador con Válvula

4.1.3.3 SISTEMA DE LUBRICACIÓN.

El aceite lubricante es alimentado a presión y puesto en circulación por la bomba de aceite cuyos engranes son de tipo trocoidal. La bomba se conecta al cigüeñal y es accionado directamente por el mismo. El sentido de giro viene indicado con una flecha en el borde exterior de la misma.

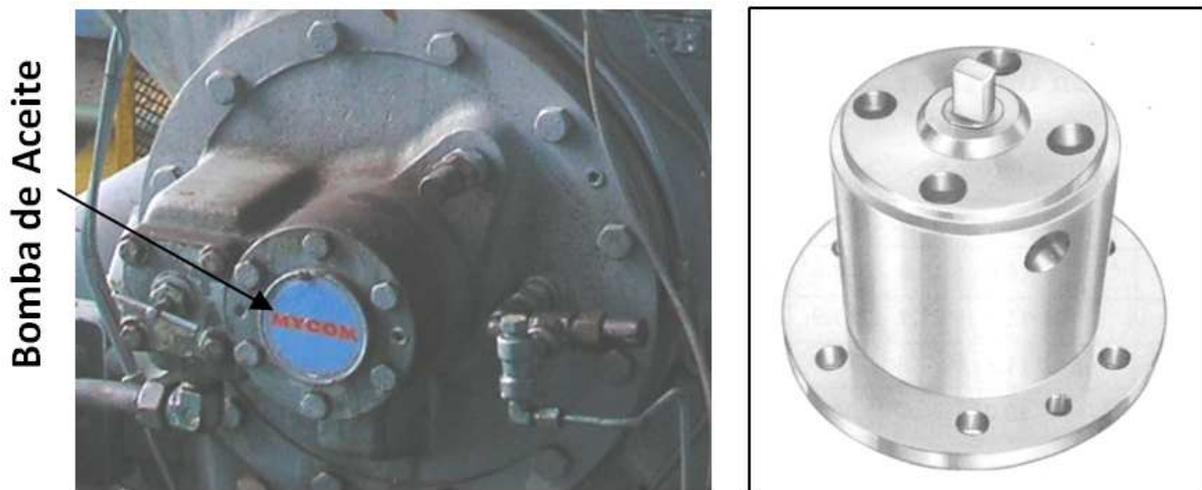


Figura 26. Bomba de Aceite

El aceite del cárter es aspirado a través del filtro de aceite del cárter por la bomba, en donde es impulsado hacia su filtro. Una vez atravesado el filtro de la bomba, el aceite sigue dos circuitos uno para lubricar el compresor y otro para el funcionamiento del sistema de los descargadores de capacidad. el aceite lubricante pasa a través del enfriador de aceite y desde aquí a la zona del prensa.

Después el aceite atraviesa el cojinete lado prensa y el cigüeñal, lubricando los semicojinetes de las bielas y el cojinete lado bomba.

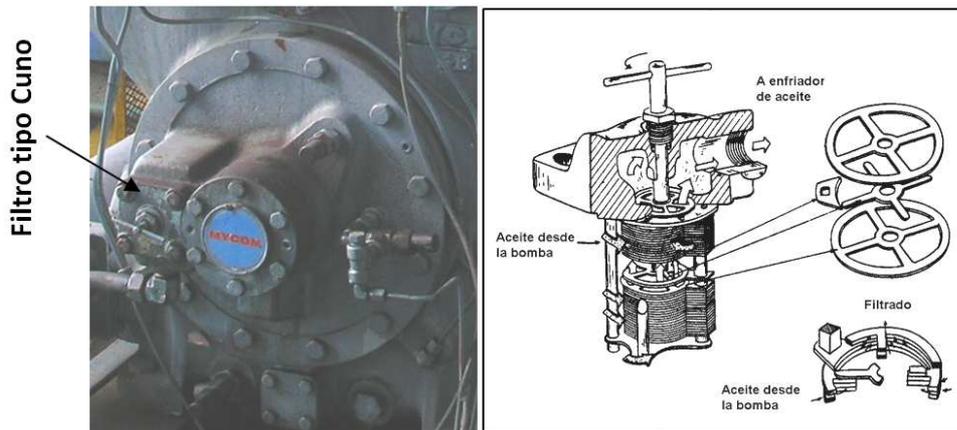


Figura 27. Filtro Tipo Cuno

La válvula reguladora de la presión de aceite esta colocada al final del circuito, por lo que el manómetro de aceite indica una presión ligeramente inferior que la que tiene los puntos principales de lubricación a través del circuito. La presión diferencial de las presiones de aceite en la descarga de la bomba y en la válvula de regulación de presión de aceite es aproximadamente 0.5 kg/cm^2 .

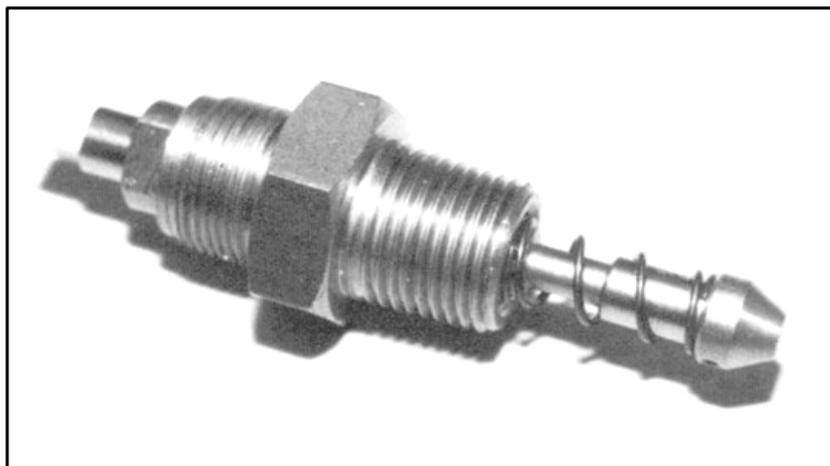


Figura 28. Válvula Reguladora de Presión de Aceite

4.1.3.4 CARGA DE ACEITE.

Las cantidades de aceite del cárter indicadas en la tabla adjunta, se comprueba a través del visor de aceite colocado en la tapa del cárter.

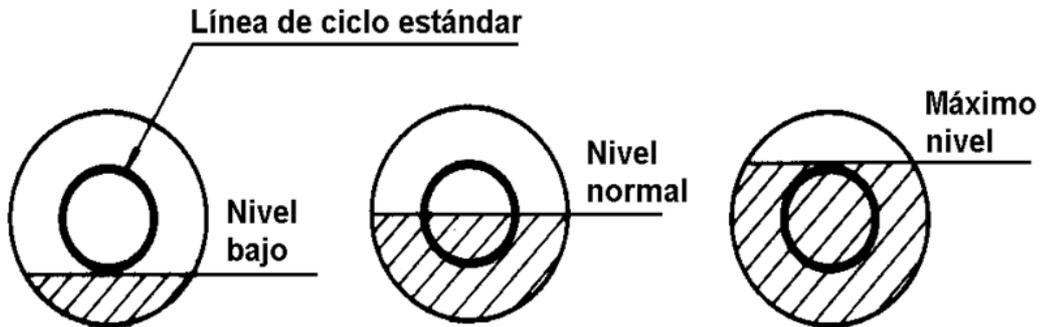


Figura 29. Visor del Nivel de Aceite

El nivel de aceite durante la operación del compresor debe estar entre la mitad del círculo del visor (nivel normal) y un tercio del círculo. Si no llega a este nivel, puede haber un fallo en la línea de retorno de aceite o el compresor está consumiendo más cantidad de aceite de lo normal. Hay que verificar la causa y rectificarla.

Se puede cargar aceite a través de las válvulas de carga incluso con el compresor en marcha si la presión en el cárter es menor que 0 Kg/cm^2 (0 psig). Cuando la presión interna del cárter es alta, hay posibilidad de que el aceite retorne hacia fuera por lo que se debe tener cuidado.

En caso de existir el mencionado retorno de aceite, cerrar ligeramente la válvula de aspiración y después de comprobar que la presión en el cárter ha descendido, cargar el aceite.

4.1.3.5 ENFRIADOR DE ACEITE.

El caudal de agua necesario es superior a 30 l/min. Para mantener la temperatura del aceite a la salida del enfriador por debajo de 45 °C. Debera utilizarse un aceite adecuado para las características de funcionamiento, ya que sino la viscosidad variara con la baja temperatura y no lubricara convenientemente.



Figura 30. Serpentín Virola

4.1.3.5 SELECCIÓN DE ACEITE.

El compresor es suministrado sin aceite lubricante. Hay que cargar el aceite recomendado antes de la puesta en marcha. Factores importantes del aceite son: la viscosidad al aumentar la temperatura, bajo punto de fluidez y punto de inflamación alto. Todos los aceites que cumplan las características mencionadas en el siguiente cuadro pueden ser utilizados.

Tabla 13 Características que deben cumplir los Aceites

Clase N°	Color Unión	Reacc	Punto de inflamac	Visco s.	Redwood por segundo	Corrosión (Separación)	Punto de descongelación (por segundo)	Valor de emulsificac.
300	Máx. 4	Neutra	Por encima de 165 °C	301± 20	Mín. 91	Máx. 1	Por debajo de -22.5 °C	Máx. 200

4.1.3.5 AGUA DE ENFRIAMIENTO.

Para evitar fuertes calentamientos del compresor y el consiguiente deterioro del aceite, así como aumentar la vida de todas las piezas en movimiento (cojinetes, etc.) se refrigeran los cabezales, el carter y el enfriador de aceite con agua.

Tabla 14 Volumen de Agua para los diferentes Compresores.

Temperatura de Enfriamiento.	2WA	4WA	6WA	8WA	4WB	6WB	8WB	12WB	16WB	124WB
20°C	18	20	24	28	30	32	38	44	50	50
30°C	26	30	37	43	40	47	55	66	75	75

La temperatura del aceite debe mantenerse por debajo de 50 °C a la salida de enfriador de aceite y el volumen es dado en litros/minuto.

4.2 CONDENSADOR.

El calor total rechazado en el condensador incluye tanto el calor absorbido en el evaporador como la energía equivalente al trabajo de compresión. Cualquier calor absorbido por el vapor de succión desde el aire de los alrededores también forma parte de la carga térmica del condensador.

Como el trabajo de compresión por unidad de capacidad de refrigeración depende de la relación de compresión, la cantidad de calor rechazado en el condensador varía con las condiciones de operación del sistema.

Los condensadores se agrupan de manera general en:

- Enfriados por aire
- Enfriados por agua.
- Evaporativos que usan aire y agua.

4.2.1 CONDENSADOR EVAPORATIVO

El condensador evaporativo es uno de los medios más modernos y mayor ampliamente utilizado por la industria de la refrigeración industrial, en plantas de proceso, para ahorrar energía en su operación. Estos equipos han sido fabricados mayormente con tubos de acero al carbón de diferentes calibres comerciales, que después de fabricado el intercambiador de calor son galvanizados por inmersión en zinc caliente para generar una capa protectora, al exterior solamente, contra la corrosión a la que estos equipos están expuestos durante su trabajo.

Comercialmente hablando son estos los equipos estándar dentro de la industria, algunos otros materiales son utilizados como fabricación especial tales los hechos con cobre (solo para freones halogenados) y acero inoxidable (para todo tipo de refrigerantes) los cuales son reconocidos por ser metales de mas costos y de muy alta resistencia a la corrosión lo que hace que estos equipos sean considerados como de calidad superior y realmente tienen muchas

ventajas sobre los condensadores evaporativos estándar de acero galvanizado que justifica su alto costo de inversión inicial ya que a corto y mediano plazo se convierten en verdaderos equipos ahorradores de dinero dentro de la operación de cualquier sistema de refrigeración industrial.

Nomenclatura: CE A18 N

CE: Condensador evaporativo
A: Tipo de serpentina
18: Cantidad de serpentinas
N: Amoníaco
F: Freón

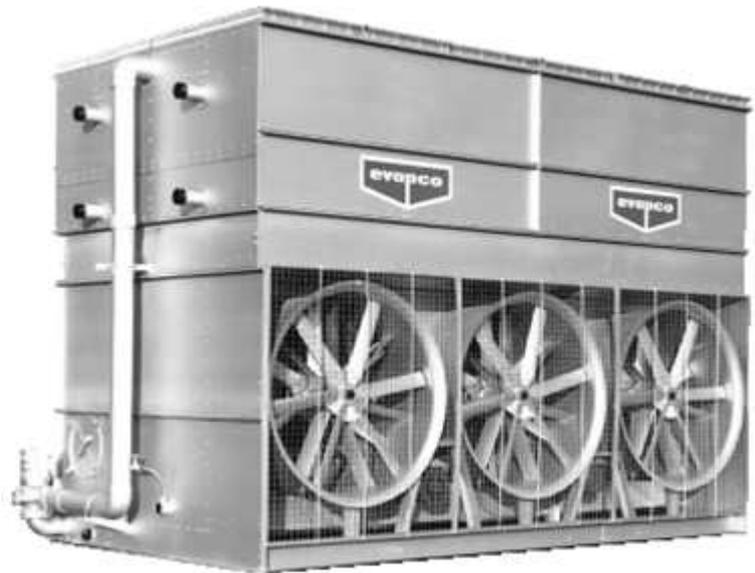


Figura 31. Condensador Evaporativo

4.2.2 OPERACIÓN Y COMPONENTES.

Básicamente el condensador evaporativo es un intercambiador de calor atmosférico renovado, proporcionado con una circulación de aire y agua mecánica y la integración de un “de-súper calentador” tipo casco y tubo para el incremento de capacidad y eficiencia.

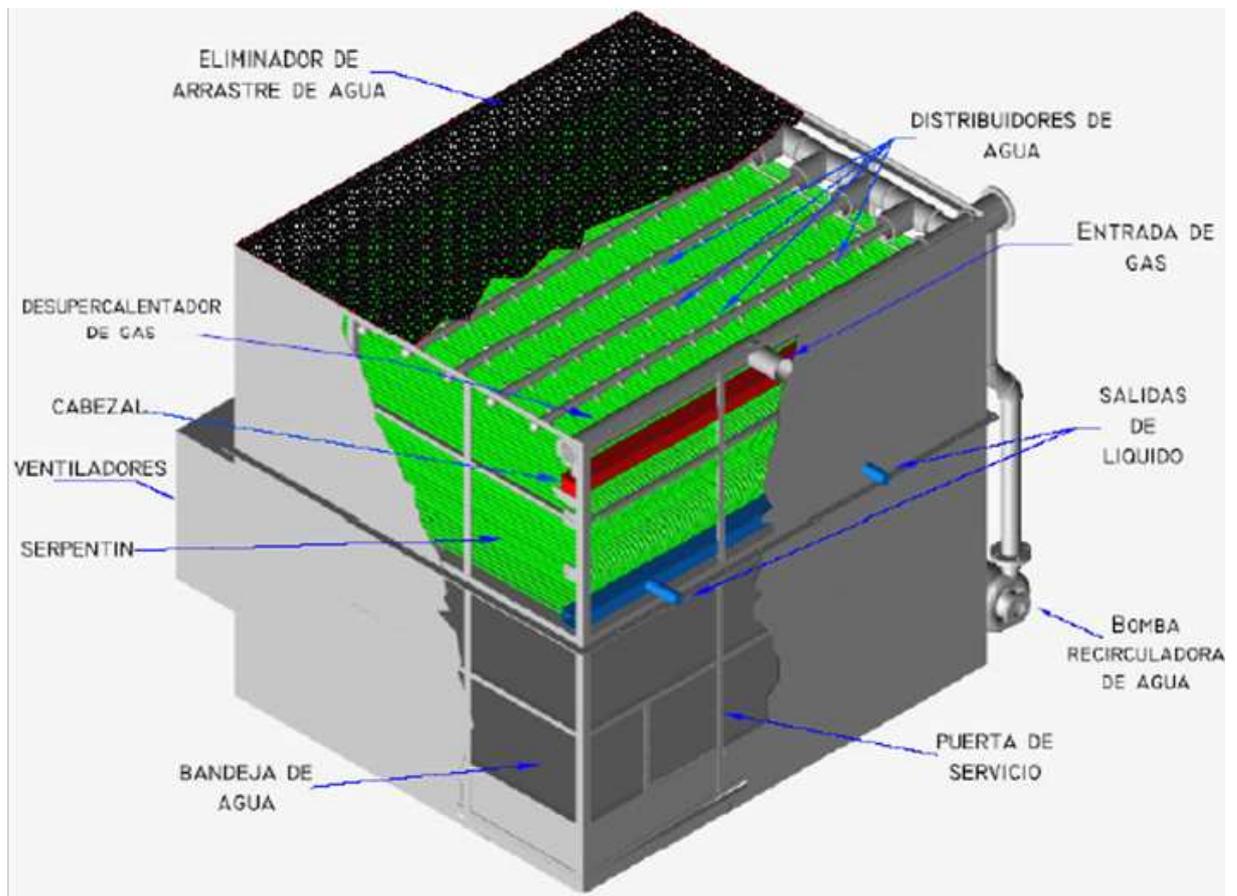


Figura 32. Componentes de un Condensador Evaporativo

El gas, sobre-calentado a alta presión y alta temperatura por el efecto del compresor, entra al condensador pasando primeramente por el *de-súpercalentador*, en este intercambiador se logra un primer subenfriamiento del refrigerante, quitándole aproximadamente el 12% del calor, lo cual hace que llegue más frío al serpentín condensador y también tiene la doble función de incrementar el subenfriamiento del líquido por el menor requerimiento de intercambio de calor para el gas que viaja a través del tubo y que se transforma de gas a líquido y esto se refleja en mayor eficiencia para el refrigerante en el efecto de evaporación. Por otro lado, el *de-súpercalentador* se alimenta de agua desde la bomba recirculadora que la

toma del depósito pasándola primeramente por este componente en su viaje hacia el distribuidor general.

El gas sigue su curso por el cabezal de entrada hacia el serpentín condensador permitiendo su cambio de estado a lo largo del viaje hasta llegar al cabezal colector de líquido, el volumen de gas que fluye por cada tubo es relativamente reducido para la distancia del viaje que al tener una pared muy delgada con poca resistencia al intercambio de calor se permite su rápido enfriamiento, conversión a estado líquido y subenfriamiento.

En general el intercambio de energía se da por la acción del aire y del agua que interactúan para mantener siempre una temperatura adecuada de condensación, muy cercana a la temperatura ambiente o a la temperatura del agua, mínima diferencia aplica. La bomba toma agua desde el depósito hacia las espumas y la distribuye homogéneamente sobre toda la tubería que al caer en forma de una delgada película de agua, ésta mantiene frío al serpentín extrayendo el calor desde el refrigerante y a su vez se retroalimenta por la acción del aire donde la energía ganada por el intercambio es expulsada a la atmósfera en forma de vapor de agua y aire caliente. La humedad en el ambiente tiene un efecto directo sobre la operación ya que actúa sobre la temperatura a la que se da la evaporación ambiental y sobre el punto principal de intercambio de energía del equipo.

El condensador cuenta con eliminadores de arrastre de gotas de agua fabricado en PVC, depósito de agua con flotador de control de nivel, conexiones para flujo y sobre flujo, drenado, bomba de agua, ionizado magnético polarizador de moléculas de sales, distribuidor de agua, ventilador tipo propela de aire forzado, puerta de servicio, tapas de servicio ambos

lados para el de-súpercalentador y una pared completa de servicio para el mantenimiento regular del serpentín.

4.3 EVAPORADORES.

El equipo donde se produce la ebullición del refrigerante producto de la absorción de calor desde el foco frío recibe el nombre de evaporador. Aunque lo que se produce es una ebullición y no una evaporación, universalmente se acepta la denominación de evaporador para designar al equipo donde ocurre este proceso.

Debido a la cantidad y variedad de requisitos que deben cumplir estos equipos en función de sus diversas aplicaciones, ellos son fabricados en una amplia gama de tipos, formas, dimensiones y diseños, pudiendo clasificarse según el medio refrigerado, el principio de operación, las características de la superficie de transferencia y según la forma de circulación del fluido a enfriar.



Figura 33. Evaporador

La capacidad de refrigeración de un evaporador está dada por la razón a la cual se trasmite el calor a través de sus paredes, proveniente del espacio o producto refrigerado al refrigerante líquido que circula por su interior, el cual se vaporiza. Esta capacidad está determinada por los factores que gobiernan la transferencia de calor a través de cualquier superficie, esto es, el coeficiente de transferencia de calor, el área de transferencia y la diferencia de temperaturas.

4.3.1 OPERACIÓN.

El refrigerante en estado líquido proveniente del tanque de alta es expandido a través del dispositivo de control antes de ingresar al evaporador, en el cual al absorber el calor de los productos provocando que el refrigerante se vaporice, produciendo el cambio de estado, el frío generado en el evaporador es disipado hacia toda la cámara con la ayuda de unos moto-ventiladores, el gas del evaporador regresa al compresor para realizar un nuevo ciclo.

Las opciones de las unidades para realizar el descongelamiento son: aire, resistencias eléctricas y por gas caliente.

Para la selección de un evaporador se debe conocer en qué condiciones y a que temperatura va a trabajar, es así que para cámaras de congelado se utilizara un sistema de descongelamiento por medio de resistencias eléctricas o por medio de gas caliente y para cámaras de climatización se utilizara el aire de los mismos ventiladores. Cada evaporador según la selección tendrán definidos los métodos de descongelamiento.

4.3.2 CAPACIDAD FRIGORÍFICA EVAPORADORES.

Las capacidades frigoríficas de los evaporadores se determinan con superficie de aleta seca (calor sensible) según la norma ENV 328, utilizando refrigerante R-717 en las condiciones de prueba 2 (temperatura de entrada del aire 0°C y temperatura de evaporación -8°C).

Las capacidades frigoríficas nominales totales (calor sensible + calor latente) corresponden a la capacidad del evaporador con batería seca multiplicada por un factor F (factor de calor latente) para considerar el aumento de capacidad producido por la condensación del vapor de agua contenido en el aire sobre la superficie de las aletas.

Este factor F, por tanto, nos da la relación Potencia nominal / Potencia estándar y varía según las temperaturas de aplicación según se indica en la tabla siguiente, que se ha estimado teniendo en cuenta las condiciones de temperatura y humedad habitualmente encontradas en las cámaras frigoríficas.

Tabla 15 Capacidad Frigorífica

Condición	Temp. Cámara(°C)	Temp. Evaporación(°C)	°T (K)	Factor F
C1	+2,5	-5,5	8	1,25
C2	-5	-13	8	1,12
C3	-18	-26	8	1,05
C4	-23	-31	8	1,02

No obstante, para determinar el valor del Factor F en condiciones diferentes a las indicadas, se puede utilizar el diagrama A incluido a continuación.

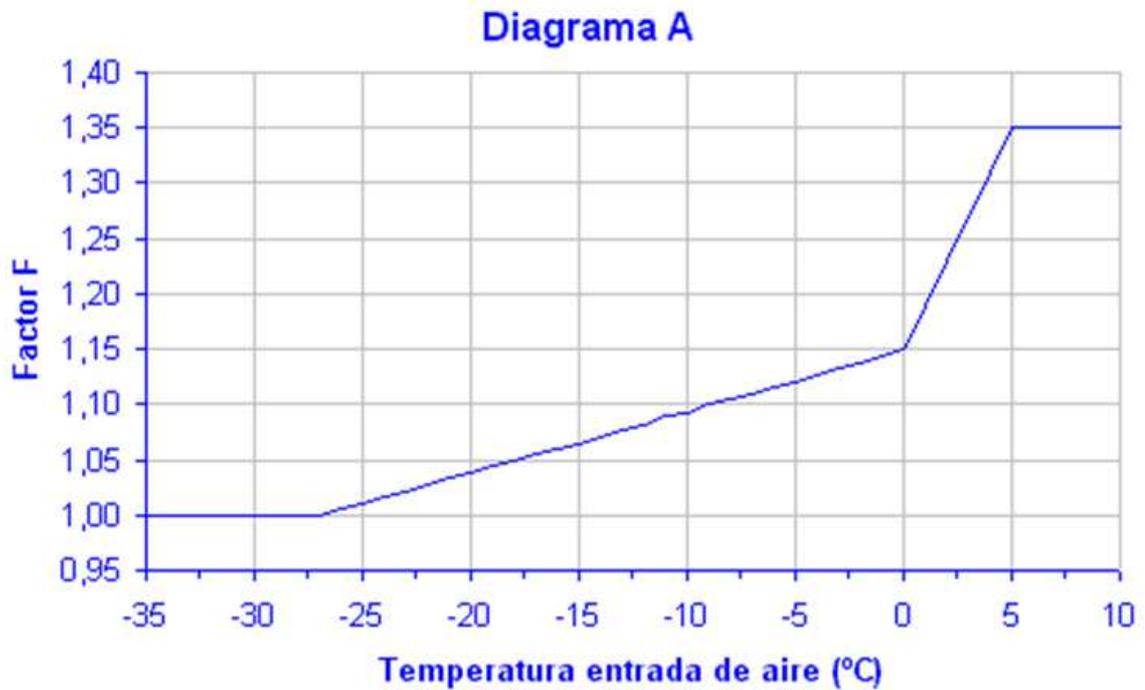


Figura 34. Valor factor F

Por otra parte, ha de tenerse en cuenta que la acumulación de escarcha sobre la batería disminuye el rendimiento del evaporador, por lo que la determinación del rendimiento neto del evaporador en las condiciones de utilización reales podrá hacerse con ayuda del diagrama B, que da el factor de corrección FC a aplicar según el tiempo transcurrido entre dos descarches sucesivos para distintas temperaturas de evaporación.

Dada una temperatura de evaporación se levanta una vertical hasta incidir sobre la curva indicadora del período entre descarches; la intersección de ambas líneas dará en el eje de ordenadas el factor de corrección FC a aplicar en cada caso.

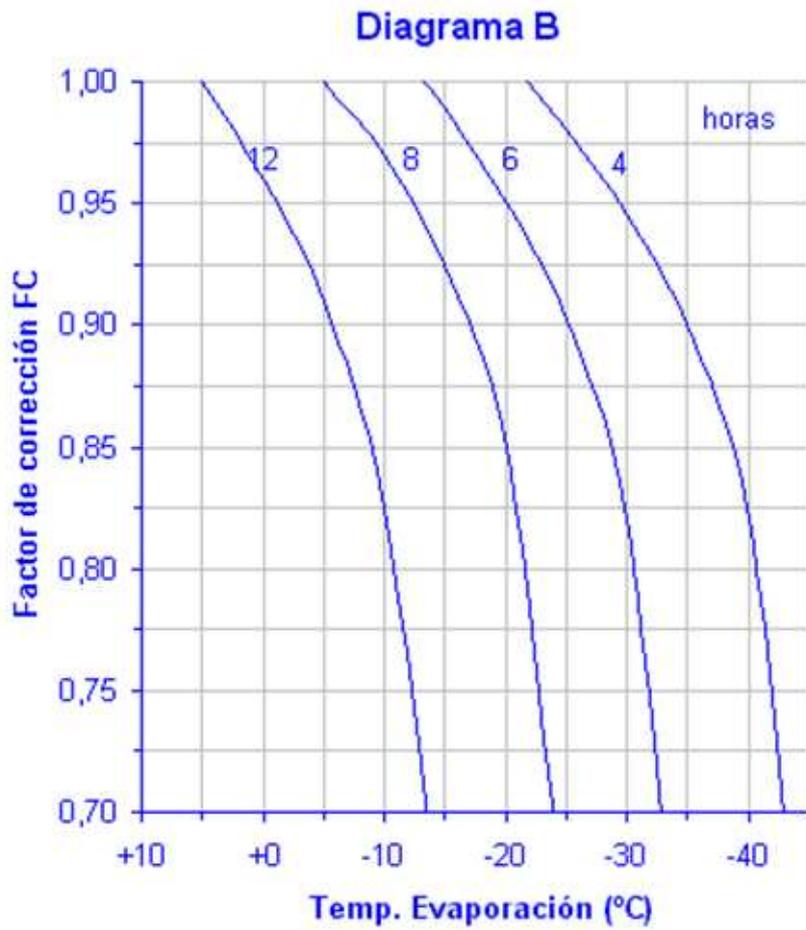


Figura 35. Factor de Corrección

Además, si el refrigerante a utilizar es distinto de R 717, se aplicará el coeficiente corrector FR dado por la siguiente tabla:

Tabla 16 Coeficiente Corrector según el Refrigerante

Refrigerante	R 404A	R 22	R 134a	R 717
Factor FR	1,05	1	0,95	0,75

4.4 CONTROL DE FLUJO (VÁLVULA DE EXPANSIÓN).

Los dispositivos de expansión tienen una doble función, la de reducir la presión del líquido refrigerante y la de regular el paso de refrigerante a través del evaporador. Entre estos dispositivos se encuentran:

- La válvula de expansión electrónica.
- La válvula de expansión termostática.
- La válvula de expansión manual.

La localización de estos dispositivos así como sus accesorios resultan de especial importancia ya que de ello dependerá su adecuado funcionamiento.

4.4.1 VÁLVULAS DE EXPANSIÓN ELECTRÓNICA.

Se ha desarrollado una válvula electrónica de pulsos para la inyección de líquido. La temperatura de descarga del gas/aceite es constantemente monitoreada por el microprocesador del tablero de control. Este controla la temperatura de descarga permitiendo las pulsaciones de la válvula como se requiere.

La capacidad de la válvula se regula por medio de la modulación del tiempo del pulso. Dentro de un período de seis segundos un signo de voltaje del controlador se transmitirá y energizará la bobina de la válvula. Esto hace a la válvula abrir y cerrar el flujo de refrigerante.

La relación de tiempo entre esta apertura y cierre indica la capacidad real. Si hay una intensa necesidad de refrigerante, la válvula permanecerá abierta para casi todos los seis segundos del período. Si la cantidad requerida de refrigerante es mínima, la válvula sólo se abrirá durante un fragmento del período. La cantidad de refrigerante necesitada es determinada por el controlador, cuando no hay ningún requerimiento de refrigeración, la válvula permanecerá cerrada.



Figura 36. Válvula de Expansión Electrónica

4.4.2 VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA.

Las válvulas de expansión termostáticas regulan la inyección de líquido refrigerante en los evaporadores. La inyección es controlada en función del sobre-calentamiento del refrigerante. Por lo tanto las válvulas son especialmente utilizadas para inyección de líquido en evaporadores secos.



Figura 37. Válvula de Expansión Termostática

4.4.3 VÁLVULAS DE EXPANSIÓN MANUAL.

Son válvulas de precisión y de calibración ajustable, es ideal para la precisión de expansión de líquido refrigerante. Casi todas las válvulas tienen flujo lineal, se caracterizan por el giro de abierto y de cierre firme con los asientos del Telón. Conveniente para amoníaco. Por su diseño estas válvulas todo el tiempo de funcionamiento darán un flujo de líquido constante y este depende de la capacidad de refrigeración que se necesite, su calibración es muy compleja por ello estas válvulas se calibraran una sola vez después de su instalación.



Figura 38. Válvula de Expansión Manual

4.5 ACCESORIOS MECÁNICOS.

4.5.1 RECIBIDOR DE LÍQUIDO.

El recibidor de líquido sirve para almacenar el fluido refrigerante de una instalación frigorífica. En una planta de refrigeración con varios evaporadores el recibidor de líquido también actúa como tanque de transitorios. Si uno o varios evaporadores en dicha planta son vaciados y no se envía más refrigerante líquido a otros evaporadores, este permanecerá almacenado en el recibidor, disminuyendo su espacio libre en función del tamaño de los servicios y del recibidor.

Cuando los evaporadores en cuestión son puestos en servicios nuevamente, el nivel de líquido en el recibidor disminuirá. En plantas de refrigeración con evaporadores sujetos a grandes variaciones de carga, la carga de líquido en estos evaporadores puede variar considerablemente. Dichas variaciones requieren un determinado volumen de compensación en el recibidor de líquido. Durante el descongelamiento por gas caliente uno o más evaporadores son vaciados de líquido y enviado a un tanque recibidor ordinario ubicado en la parte superior del recibidor de líquido general.

Ellos están equipados con conexiones para entrada de líquido, salida de líquido, visor de nivel con válvulas automáticas de cierre, válvula para purga de aceite, conexión para igualación de presión, conexión para manómetro y purga de aire, conexión para válvula de seguridad. Los tanques son dimensionados bajo código ASME para recipientes sometidos a presión y probados a 25 Kg/cm².

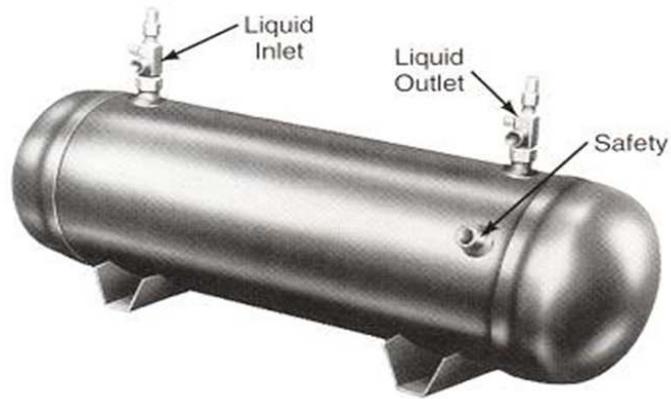


Figura 39. Recibidor de Líquido

4.5.2 TRAMPA DE SUCCIÓN.

Son tanques acumuladores que sirven para proteger al compresor. El gas refrigerante es succionado desde el evaporador por el compresor. Este gas debe ser saturado seco o sobrecalentado pero hay ocasiones en donde se mezcla con gotas de líquido; estas gotas son succionadas por el compresor llegando a una cantidad tal que hay refrigerante líquido en el compresor. El refrigerante líquido mezclado con el aceite, hace que el aceite se espume (emulsione) y pierda sus propiedades lubricantes; los retornos de líquido en un sistema de refrigeración con compresor recíprocante, causa grandes daños en el compresor, incluso pueden llegar hasta su rotura debido a que los líquidos son incompresibles. En las unidades tornillo, los daños ocasionados son debidos a fallas en la lubricación del compresor. Para evitar los retornos de líquido, se instala un tanque acumulador de gotas de refrigerante en la succión del compresor, llamado trampa de succión, en este tanque se reduce la velocidad del refrigerante y se precipitan hacia el fondo las gotas del refrigerante líquido por gravedad, impidiéndose que fluyan con el gas.



Figura 40. Trampa de Succión

4.5.3 INTERCOOLER.

Son tanques en donde el refrigerante líquido a baja temperatura es subenfriado, antes que entre al evaporador. Se utiliza en sistemas de baja temperatura para congelamiento de producto.



Figura 4. Intercooler

4.5.4 SEPARADORES DE ACEITE.

Los compresores para su operación necesitan aceite, este aceite eventualmente viaja al sistema, causando disminución de la eficiencia del sistema de refrigeración. Para disminuir la cantidad de aceite que va hacia el sistema, se recomienda el uso de un separador de aceite que se instala inmediatamente después del compresor.



Figura 42. Separador de Aceite

4.5.5 ECONOMIZADOR.

Es un subenfriador del refrigerante líquido antes de la expansión el cual ayuda en el ahorro de energía en el sistema.



Figura 43. Economizador

4.5.6 VÁLVULA SOLENOIDE.

El diseño de la válvula de solenoide para refrigeración es compacto y de operación piloto. Esta válvula se usa para controlar el paso del flujo del refrigerante. Cuando la bobina se energiza, el vástago sube dejando libre el flujo de refrigerante. Cuando la bobina se desenergiza, el vástago cierra en el asiento del Teflón principal para detener todo el flujo. Es el más usado para el control de flujo a los dispositivos de expansión, recirculación de líquido a los evaporadores, gas caliente para el descongelamiento, y en la succión de evaporadores de baja capacidad.



Figura 44. Válvula Solenoide

4.5.7 VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN.

Las válvulas reguladoras de presión tienen la función de mantener la presión constante ya sea en todo el evaporador, en el condensador o en la línea de succión antes del compresor para protegerlo de sobrecargas de presión durante periodos largos de paro o en deshielo. Puede usarse para todos los tipos de refrigerantes, incluso R 717. Estas válvulas son diseñadas para trabajar con una presión máxima de 28 bares (406 psig).



Figura 45. Válvula Reguladora de Presión

4.5.8 VÁLVULA DE 3 VÍAS.

Estas válvulas por su diseño tienen una vía común, una de las vías es normalmente cerrada mientras que la otra es normalmente abierta, son construidas de hierro gris y su funcionamiento depende de una bobina la cual al energizarse abre la vía normalmente cerrada y cierra la vía normalmente abierta y el funcionamiento es controlado por un PLC. Se utilizan especialmente en tanques de transferencia de líquido de Máquinas de Hielo.



Figura 46. Válvula de 3 Vías

4.5.9 VÁLVULA CHECK.

La válvula se abre completamente para dar paso al flujo en la dirección de la flecha que está en el cuerpo de la válvula. La válvula se cierra fiablemente cuando el flujo quiere regresar. El cuerpo es chapado y los discos son en acero inoxidable para que les permitan resistir las condiciones de trabajo de la refrigeración industrial. Además estas válvulas pueden ser montadas en cualquier posición y se asegura su cierre. Estas válvulas check se diseñan con el objetivo de controlar el flujo refrigerante en las líneas de gas caliente, líneas de líquido, línea de descarga de compresores, líneas de succión.



Figura 47. Válvula Check

4.5.10 TUBERÍAS.

Las tuberías o “líneas”, completan el sistema de tal manera que el refrigerante no se pierda a la atmósfera. La línea de succión conecta el evaporador al compresor, la línea de descarga, conecta el compresor al condensador y la línea de líquido es la tubería de conexión entre el condensador y el aparato de medición. Para sistemas de refrigeración con amoníaco las

tuberías que se utilizan son de de acero al carbono cédula 40 ya que estos son resistentes a la corrosión provocada por este refrigerante.



Tubería Oxidada sacada el aislamiento



Tubería con Aislamiento térmico

Figura 48. Tuberías

4.6 ACCESORIOS DE CONTROL Y SEGURIDAD

Con el desarrollo tecnológico y operacional de equipos industriales, también se han desarrollado los sistemas de mando, control, chequeo y regulación de una variable dentro de límites preestablecidos que son: una fuente de poder para hacer trabajar el sistema de control, una o más cargas para utilizar la corriente y obtener los resultados deseados y controladores para obtener los niveles deseados.

4.6.1 CONTROLES DE INTERRUPCIÓN TOTAL

Un control de interrupción total forma o rompe el circuito, como por ejemplo; un interruptor de luz. Hay dos categorías de controles de interrupción total: primario y secundario.

- **Primarios.-** Un control primario pone en marcha o para el funcionamiento de un equipo, sea en forma directa o indirecta como lo pidan los límites censados estos pueden ser: Presión, temperatura, tiempo, humedad, luminosidad, revoluciones, velocidad, flujo, etc.
- **Secundarios.-** Los controles secundarios regulan y o protegen al ciclo de funcionamiento cuando se los pide un control primario o las condiciones del ciclo. Los controles secundarios se pueden dividir en dos categorías: controles de funcionamiento y de seguridad.

4.6.2 CONTROLES DE CAMBIO CARACTERÍSTICO

Un control de cambio característico afecta el funcionamiento de la carga conectada, pero no interrumpe el suministro de corriente. A veces se necesita un control que no interrumpa el suministro eléctrico a la carga, pero que cambie la característica del suministro de corriente, para producir los resultados que se desean. Ejemplo: el control de oscurecimiento de un foco, el control de velocidad de un ventilador, los capacitores de arranqué y trabajo en un motor monofásico.

- **Sensores y Accionadores:** Son elementos que reaccionan a determinados cambios que se dan en un sistema así como: La temperatura, presión, nivel, etc. Los controladores actúan de diferente forma así tenemos:
 - Temperatura (Termómetros).
 - Presión (Manómetros).
 - Nivel (Flotador).

4.6.3 CONTROLES PARA EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN.

A más de los controles eléctricos y de programación que gobiernan el funcionamiento de sistema de refrigeración; el operador debe conocer la función de todos componentes y válvulas que se encuentran instalados en él.

El operador del sistema debe familiarizarse con las funciones individuales de cada uno de ellos, antes de que intente activar u operar el equipo. Debe identificar y ubicar en el equipo cada control para proceder a manipularlo.

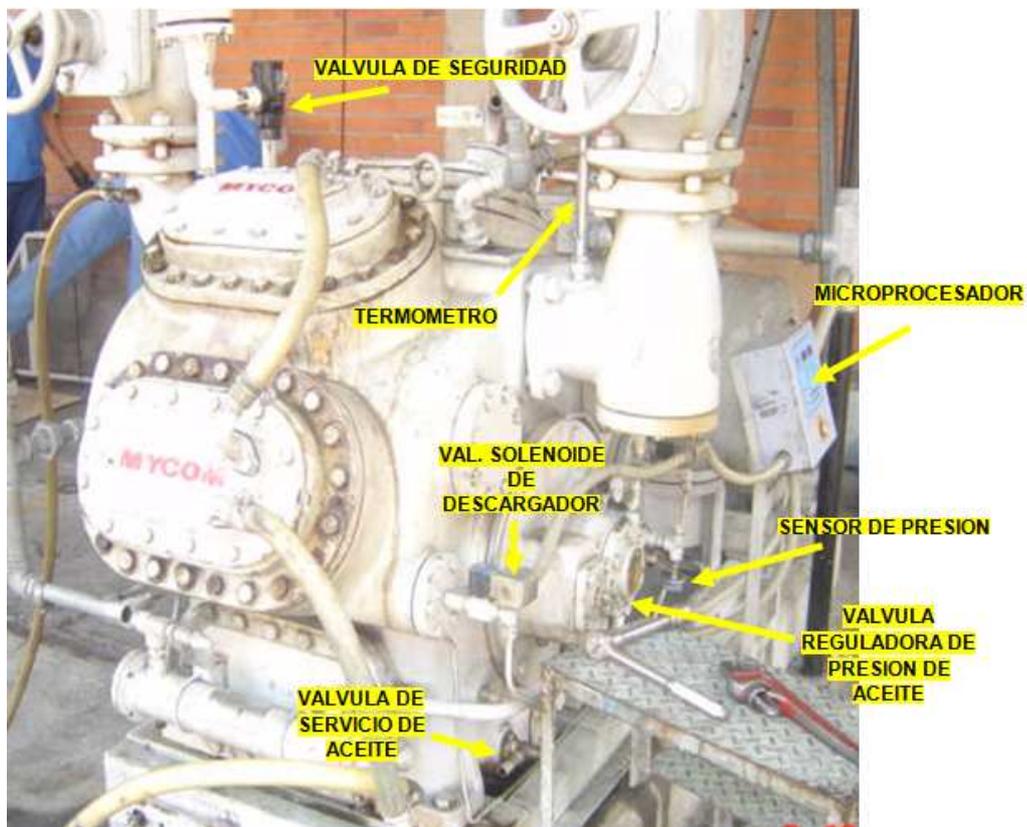


Figura 49. Controles de un Compresor Lado no Acoplado

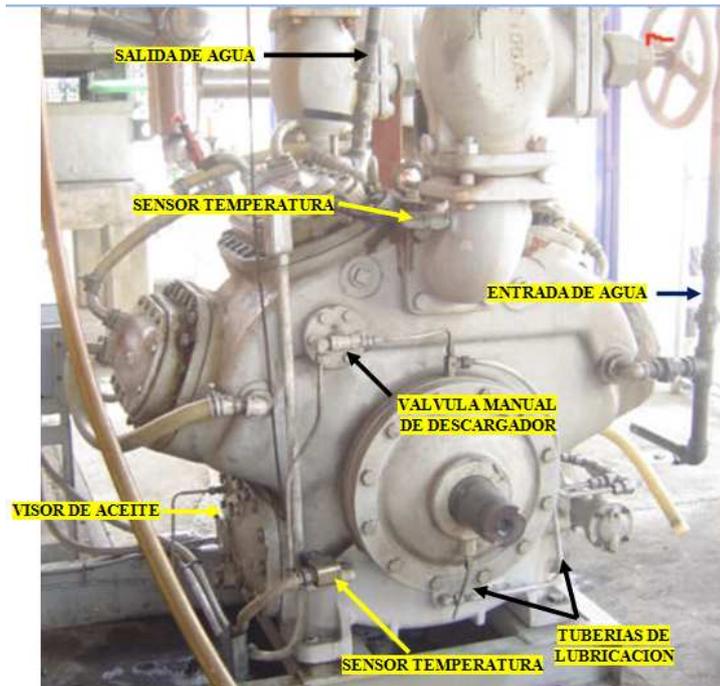


Figura 50. Controles de un Compresor Lado Acoplado

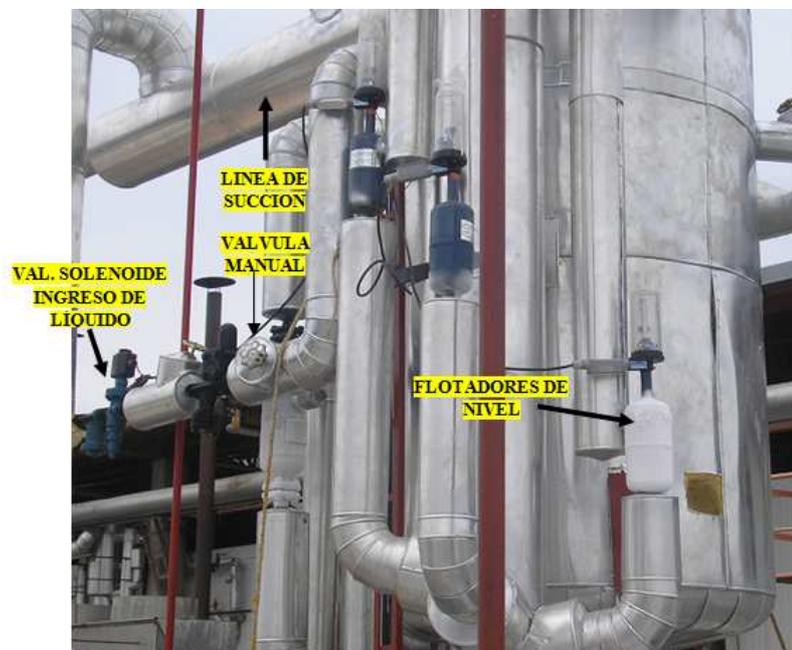


Figura 51. Controles de una Trampa de Succión

Los controles que se suministran para los sistemas de refrigeración, dependen del tipo de refrigerante y el tipo sistema para el cual fue diseñado. Para que un sistema de refrigeración funcione dentro de sus parámetros normales de operación, y se detenga cuando se generen fallos en su sistema de funcionamiento, viene equipado con controles de operación y seguridad. Estos son:

- Controles de operación.
- Controles básicos.
- Controles límites de seguridad.
- Microprocesador.

4.6.3.1 CONTROLES DE OPERACIÓN

Son aquellos que regulan los procesos. Controles de operación se entiende, a aquellos controles que están destinados a funcionar el mismo tiempo que el compresor, un sistema de refrigeración está provisto con diversos controles de operación que se utilizan para mejorar el rendimiento de los sistemas o evitar consumos excesivos de energía.

- **Arrancadores.** El arrancador es un limitador de torque que permite un arranqué suave, y también una detención suave, a los motores asincrónicos. La utilización de un arrancador mejora las performances de arranqué de los motores asincrónicos permitiendo un arranqué suave sin golpes y controlado. Su utilización permite la supresión de los choques mecánicos, que causan el desgaste, tiempo de mantenimiento y tiempo de detención de la producción.



Figura 52. Arrancador Suave

- **Variador de Velocidad.** El Variador de Velocidad es en un sentido amplio un dispositivo o conjunto de dispositivos mecánicos, hidráulicos, eléctricos o electrónicos empleados para controlar la velocidad giratoria de maquinaria, especialmente de motores. También es conocido como Accionamiento de Velocidad Variable. El control de procesos y el ahorro de la energía son las dos de las principales razones para el empleo de variadores de velocidad.



Figura 53. Variador de Velocidad

4.6.3.2 CONTROLES BÁSICOS

Arrancan y detienen componentes del sistema.

4.6.3.2.1 CONTROL DE TEMPERATURA

El controlador es simplemente un termostato en el que se han integrado algunas funciones técnicas de refrigeración de forma que puede sustituir a un conjunto de termostatos y programadores tradicionales. Los controladores se han diseñado especialmente para aplicaciones de refrigeración, pero pueden utilizarse también en otras aplicaciones de regulación. Todos los controladores están diseñados para control de temperatura ambiente por arranqué/parada de compresor o solenoide y se han agrupado en cuatro aplicaciones principales, dependiendo del tipo de desescarche y su control. (VER ANEXOS 5 Y 6)



Figura 54. Controlador de Temperatura

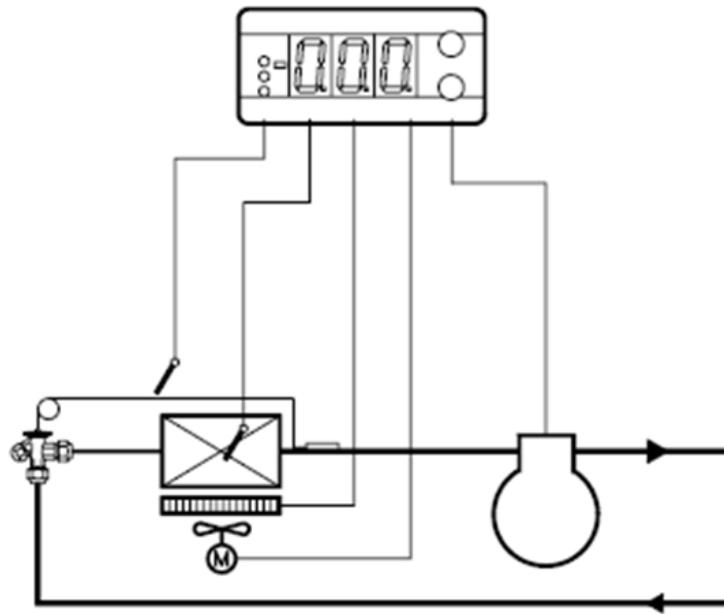


Figura 55. Instalación del Controlador de Temperatura

4.6.3.2.2 CONTROLES LÍMITES DE SEGURIDAD

Controles de límites seguridad se entiende, a aquellos controles que están destinados a suspender el funcionamiento del compresor. Un sistema de refrigeración está provisto en el compresor, en los tanques de líquido, trampas de succión, evaporadores inundados, etc. por los siguientes controles límites de seguridad:

- Control Límite de Alta o Baja Presión de Refrigerante. (compresor)
 - Válvula de seguridad.
- Control Límite de Alta o Baja Presión de Aceite.(compresor)
- Control Límite de Alta Temperatura de Aceite.(compresor)

- Control Límite de Nivel Alto de Líquido. (trampa de succión, tanque de líquido, evaporador inundado)

4.6.3.2.2.1 CONTROLES LIMITE DE ALTA O BAJA PRESIÓN DE REFRIGERACIÓN

La función principal de este elemento es, apagar el compresor cuando la presión de trabajo sobrepase sus límites calibrados tanto alto como bajo. Los controles límites de alta o baja presión de refrigerante actúan mediante sensores, los que miden una presión y convierten la medición en un valor estándar y lo transportan al microprocesador el cual apaga al compresor. La tecnología del sensor favorablemente desarrollada significa una alta exactitud de la regulación de presión, un factor muy importante es la precisión.



Figura 56. Sensor de Presión

Estos sensores aplican el principio de medición piezorresistivo que se lleva décadas utilizando con eficacia demostrada en los transmisores de presión. La referencia de presión está sellada. Esto significa que las variaciones en la presión atmosférica no influyen en la precisión de la regulación, algo imprescindible para una regulación precisa a baja presión. Diseñado para satisfacer las exigencias de aire acondicionado y refrigeración sin perjudicar la precisión del control.

- **Válvula de seguridad.** Una vez instalada una válvula de alivio seleccionada apropiadamente, se prepara para dar salida a la atmósfera cualquier sobre presión en el tanque. Después de la descarga las válvulas intentaran cerrarse para minimizar la pérdida de refrigerante. Sin embargo una vez disparada la válvula de alivio es recomendable cambiarla lo más pronto posible porque los daños se dan en lo general en los asientos de las válvulas, perdiendo la fiabilidad con la que fue diseñada. Las válvulas de alivio de presión deben conectarse a los tanques de vapor refrigerante, tanques de presión de descarga, o sea tanto en la línea de baja como en la de alta presión.



Figura 57. Válvula de Seguridad

Las válvulas de alivio se regulan para las siguientes presiones de descarga:

Tabla 17 Presiones de Descarga de Válvulas de Seguridad

Refrigerante	Lado de alta	Lado de baja (presión intermedia)
Amoníaco	19.5 Kg/cm ²	9.5 Kg/cm ²
R-22	19.5 Kg/cm ²	9.5 Kg/cm ²
R-12	16.5 Kg/cm ²	9.5 Kg/cm ²

4.6.3.2.2.2 CONTROLES LÍMITE DE ALTA O BAJA PRESIÓN DE ACEITE

La función principal de este elemento es, apagar el compresor cuando la presión de aceite sobrepase sus límites calibrados tanto alto como bajo.

Los controles límites de alta o baja presión de aceite actúan mediante sensores, los que miden una presión y convierten la medición en un valor estándar y lo transportan al microprocesador el cual apaga al compresor.

4.6.3.2.2.3 CONTROLES LÍMITE DE ALTA TEMPERATURA DE ACEITE

La función principal de este elemento es, apagar el compresor cuando la temperatura de aceite sobrepase sus límites calibrados. Los controles límites de alta temperatura de aceite actúan mediante sensores, los que miden una temperatura y convierten la medición en un valor estándar y lo transportan al microprocesador el cual apaga al compresor. Los sensores

de temperatura son de resistencia dependientes. La unidad del sensor consiste en un platino que da el valor de la resistencia y que cambia proporcionalmente con la temperatura.



Figura 58. Sensor de Temperatura

4.6.3.2.2.4 CONTROLES LÍMITE DE NIVEL ALTO DE LÍQUIDO.

Este control limite de nivel alto de líquido para refrigeración es usada para indicar eléctricamente o controlar un nivel de líquido abriendo o cerrando un switch. A igual que los otros elementos este también apagará al compresor si existe demasiado líquido ya sea en la trampa, en el tanque o en el evaporador inundado. Es simple, fiable, proporciona un tiempo prolongado de vida útil para actuar en cualquier aplicación. Estos interruptores de flotador de nivel de líquido para refrigeración son especialmente instalados en una columna de líquido de

un tanque nivelado. Ellos pueden controlar el nivel de líquido controlando una válvula solenoide de ingreso de líquido. Regularmente se usan para proporcionar una alarma o el corte de un equipo en nivel alto. También puede controlar una bomba de recirculación de líquido en un caso de nivel bajo.



Figura 59. Switch Flotador de Nivel

4.6.3.2.3 MICROPROCESADOR

El microprocesador está conformado por un conjunto de dispositivos electrónicos, que gobiernan el funcionamiento del compresor, en el se programan los parámetros de funcionamiento, alarma y falla de los compresores.

Tienen un máximo de 4 sensores de presión, 2 entradas de temperaturas, 3 contactos de entrada, 3 contactos de salida, y 3 salidas de control de capacidad y válvulas solenoides (un contacto de voltaje.). El número de sensores de presión conectados para la unidad normal es 3.

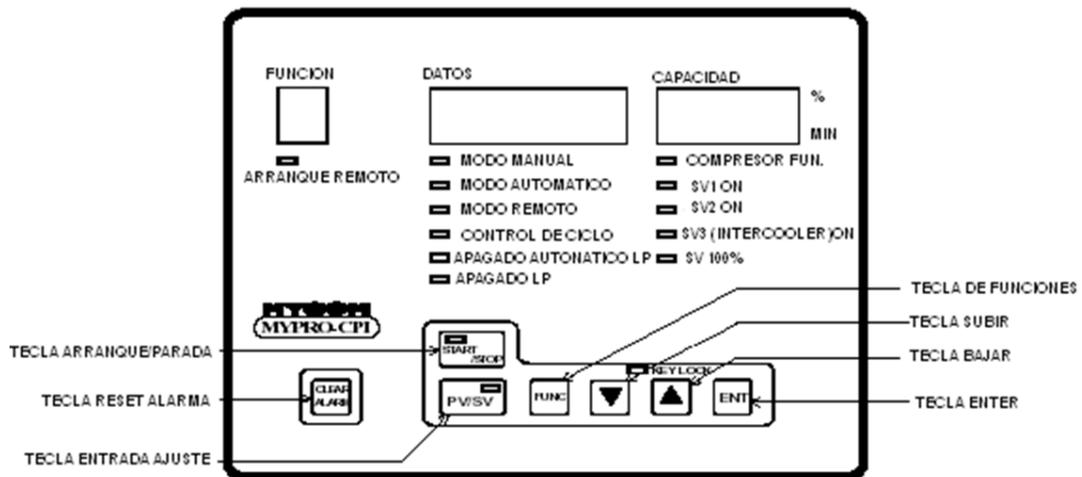


Figura 60. Microprocesador

- La capacidad del compresor es controlada automáticamente por el sensor de presión de succión según la presión de succión designada.
- El sensor de Presión de descarga emite la alarma en caso de que la Presión de la Descarga suba y el sensor de Presión de Aceite emite la alarma en caso de la presión de aceite baja y guarda estas situaciones.
- La temperatura de descarga Temperatura y Temperatura de Aceite pueden supervisarse y pueden emitirse la alarma cuando la Temperatura se eleve usando sensores RTD y Pt100. (El transductor de temperatura y sensores de temperatura son las partes optativas).
- Los artículos siguientes de instalación son claves para la operación. Modelo del compresor, el número de válvula del solenoide, la presión / la unidad de despliegue de temperatura, modo de control, el funcionamiento de entrada del contacto, la unidad de la medida de sensores de presión.

- El cambio desautorizado del valor de instalación se prohíbe por la función bloqueo.
- MYPRO-CP está provisto con la función del autodiagnóstico de sensores anormales.
- El arranqué y parada del compresor y el control de capacidad son controlados a mano.
- El funcionamiento manual de control de capacidad también es controlado.

VER ANEXOS 8 - 9

4.7 EQUIPOS AUXILIARES

4.7.1. CALENTADOR ELÉCTRICO DE ACEITE.

Los compresores vienen equipados con este tipo de calentador que es estrictamente eléctrico. La resistencia calefactora está inmersa en una cámara pequeña en la parte inferior del cárter de aceite. Su función primordial es mantener la temperatura del aceite durante el funcionamiento del compresor.

4.7.2 TRATAMIENTO QUÍMICO PARA EL ENFRIAMIENTO DEL CONDENSADOR

Se basa principalmente en la adición de químicos para controlar la cantidad de minerales que contenga el agua, y para proteger los metales contra la oxidación, los químicos utilizados son:

- **Posca 6324 A.** Es una solución acuosa de fosfatos orgánicos, sintéticos y aditivos, y es el encargado de controlar la cantidad de minerales del agua.
- **Posca DC10A.** Es un producto con características detergentes y desinfectantes, y es el encargado de realizar la limpieza interna de las tuberías de circulación del agua.
- **Pact 5.** Es un producto de excelentes características microbiológicas, y es el encargado de proteger los metales contra la oxidación y además forma una película antiadherente para evitar las incrustaciones.

La dosificación de químicos para el agua que se realiza a las torres de condensación tiene como objetivo evitar las incrustaciones en el serpentín de transferencia y además reforzar el serpentín con una película antiadherente.

- **Equipos requeridos:**
 - Tanques plásticos de 50 galones, la misma cantidad de los condensadores.
 - Bombas dosificadoras, la misma cantidad de los condensadores.
- **Bomba Dosificadora.-** El compuesto químico se alimenta directamente al condensador en forma continua y proporcional al agua alimentada al condensador. Así se consiguen niveles de tratamiento uniformes que aseguran un 100 % de efectividad al tratamiento. Por otra parte, este sistema minimiza las fallas o errores del personal. Por consiguiente es el sistema más recomendable, teniendo sobre todo en cuenta, el bajo costo de una bomba dosificadora.

CAPÍTULO V

5. SELECCIÓN, INSTALACIÓN, ARRANQUE Y PARADA DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

5.1 SELECCIÓN PARÁMETROS A CONSIDERAR

La selección adecuada de los elementos de un sistema de refrigeración, para satisfacer las necesidades de uso, es un factor crítico al proyectar cualquier sistema de generación de frío. En esta sección vamos a considerar los elementos necesarios para la selección de los elementos de un sistema de refrigeración. Esta información se la ha dividido en tres secciones: Tipos de sistemas, selección de los componentes del sistema y análisis de costos.

5.1.1 TIPOS DE SISTEMAS.

Los tipos más comunes de sistemas de refrigeración que se utiliza en las plantas de procesamiento de aves están definidas, en el capítulo 2.

5.1.2 SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA.

Tener a mano los datos bases y los resultados de los cálculos, ya que son necesarios para seleccionar cualquier componente del sistema. Anotar en la ficha de campo todos los datos de la selección:

- Selección de compresor hermético, o en su lugar, unidad condensadora y completar los elementos que faltan. Se tendrá en cuenta, para su selección, la potencia más un 15%, gas refrigerante, temperatura de aspiración del gas recalentado o temperatura de descarga, temperatura de trabajo por consigna.
- Para la elección del condensador se tendrá en cuenta la temperatura media máxima anual, más 14.5°C, y la potencia frigorífica calculada, y el gas refrigerante que se va a utilizar.
- El depósito de líquidos debe tener válvula de seguridad, válvula de servicio; el cálculo de capacidad se hará multiplicando la capacidad del evaporador por 1.25; el resultado será en litros. En el caso de haber en el sistema varios evaporadores, sólo se tomará el volumen del evaporador mayor.
- Depósito separador de partículas; en el caso de no tener depósito de separador de aceite, debe tener retorno de aceite al compresor.
- Intercambiador térmico; su selección, según diámetro (\emptyset) de la tubería de aspiración y diámetro (\emptyset) de la tubería de líquidos.
- Válvula solenoide, según potencia frigorífica y diámetro (\emptyset) línea de líquidos.
- Visor, según diámetro de la línea de líquidos.
- Evaporador estático, con la separación de aletas que se recomienda para la temperatura de trabajo del evaporador: temperatura de consigna, menos t en °C o separación de aletas 4,5 mm (temperaturas de conservación) en °C.

La compra de los elementos de un sistema de refrigeración, es una de las inversiones más durables. El promedio de vida de un sistema de refrigeración es de alrededor de 25 años y durante este tiempo, es de gran importancia el costo de funcionamiento de la mismo. Para realizar una selección y compra adecuada en lo que se refiere a los componentes de un sistema de refrigeración es necesario considerar una serie de factores importantes. Seis

criterios son considerados cuando se selecciona un sistema de refrigeración para satisfacer las necesidades de uso. Estos son:

- a. Normas y códigos requeridos.
- b. Congelación o Conservación.
- c. Carga del sistema.
- d. Número de elementos requeridos.
- e. Requerimientos de montaje.
- f. Consideraciones especiales.

5.1.2.1 NORMAS Y CÓDIGOS REQUERIDOS.

Hay varias normas y códigos, leyes y regulaciones que rigen para el funcionamiento de los sistemas de refrigeración. Estas regulaciones responden a necesidades de diferentes sectores, y todos están enfocados a la seguridad de la planta y del personal que las opera.

Una vez conocido el tipo de local o industria, aplicaremos la normativa que rige el Reglamento de Seguridad de Plantas Frigoríficas:

- Si puede ir dentro del mismo local el equipo frigorífico.
- Si tiene que ir el equipo frigorífico en sala de máquinas.
- Si la carga de gas refrigerante, en función del tipo que adoptemos (grupo primero), puede o no introducirse en el local.
- Si el circuito de gas refrigerante puede ser directo o tiene que ser indirecto.

Ventilación de la maquinaria en la sala de máquinas o local.

- Presiones de prueba del circuito de gas refrigerante.
- Tara de válvulas o presiones de seguridad.
- Carga de gas refrigerante en el sistema.
- Nivel acústico máximo permitido.
- Válvulas de seguridad de los depósitos de líquido, presión relacionada con los gases refrigerantes.
- Reglamento de Aparatos a presión:
- Verificar las presiones límite para cada gas refrigerante de los depósitos en general.
- Verificar Reglamento de Zapatos a Presión (RAP) ITC–MIE–AP9.
- La aplicación del Reglamento de Baja Tensión en cuanto :
- Tipo de seguridad en Diferencial Magneto térmico.
- Tipo de aislamiento en conductores.
- Tipo de canalización exterior de la cámara frigorífica.
- Tipo de material y aislamiento en el interior de la cámara.

Revisemos algunas normas importantes a considerar.

- La Refrigeración Industrial está regulada muy estrictamente por la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME) y la codificación ASME, quienes gobiernan el diseño y construcción de recipientes a presión que son muy utilizados tales como trampas de succión, recipientes de líquido, trampas de líquido.
- Las compañías aseguradoras de las empresas alimenticias y farmacéuticas, pueden exigir ciertas normas adicionales para la selección de un sistema de refrigeración.

- Se requiere que el sistema de Refrigeración Industrial sea operado y controlada continuamente por técnicos competentes.
- Ser debe controlar la calidad de agua que se utilice para la condensación del refrigerante no se debe permitir la formación de incrustaciones en los tubos de transferencia de calor.

5.1.2.2 CONGELACIÓN O CONSERVACIÓN.

Como se tiene una apreciación global de los tipos de sistemas de refrigeración, codificaciones y normas; el siguiente paso es ver la factibilidad de aplicación, tenga en cuenta que el principal propósito es, suministrar energía con facilidad de operación. Normalmente en las plantas de procesamiento de aves se utilizan sistemas de refrigeración con una temperatura de agua para la producción de $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ y para almacenamiento una temperatura de cámara de -20°C . Con presiones operativas de 2 Kg/cm^2 y 0.2 Kg/cm^2 . Sistemas de refrigeración con presiones bajas hasta -0.10 Kg/cm^2 son utilizadas para el congelamiento rápido del producto. Sistemas con presiones altas hasta 2.5 Kg/cm^2 son utilizados para el proceso de empaque del producto.

5.1.2.3 CARGA DEL SISTEMA.

Otra acepción del concepto de **carga térmica** está asociada a sistemas de calefacción, climatización y acondicionamiento de aire, así como a sistemas frigoríficos. Este hace referencia a la energía en forma de calor a aportar o extraer de la edificación o recinto frigorífico, según corresponda. Es decir, la sollicitación térmica a controlar en sistemas de

climatización y frigoríficos. Si bien el método de cálculo de esta carga se explico en un capítulo anterior, coincide en algunos puntos elementales para las diferentes áreas.

A medida que los cálculos requieren mayor exactitud se requiere de mayor cantidad de datos, como acontece en el cálculo para climatización donde la orientación, altitud y longitud de la edificación es un dato de elemental relevancia. No así en el cálculo para calefacción, y dato de menor importancia para el cálculo en refrigeración. No obstante lo anterior, y como en muchas ciencias aplicadas, existe software especializado para realizar estos cálculos. De esta manera la carga térmica debe ser contrarrestada por medio de distintos sistemas térmicos así como distintos tipos de intercambiadores de calor. En refrigeración industrial se suele extraer la carga térmica de las cámaras de refrigeración por medio de evaporadores de serpentín aleteado o inundados, según la naturaleza del sistema de refrigeración por compresión.

5.1.2.4 NÚMERO DE ELEMENTOS REQUERIDOS.

Cuando se está seleccionando un sistema de refrigeración, se debe considerar la posibilidad de tener el número de compresores, condensadores, evaporadores etc., y el espacio necesario, para una posible expansión futura, reparaciones de emergencia, y mantenimiento. Se debe considerar la importancia de tener sistemas de stand by adicional de respaldo. Hay varias consideraciones que se deben tener en cuenta antes de decidir tener un sistema en stand by, por ejemplo, abastecer la energía en momentos que el sistema principal quede fuera de servicio por falla grave e inevitable, cuando la falta de compresión genere pérdidas de materia prima, las leyes y códigos exigen tener sistemas interconectados para poder reducir presiones

críticas y evitar fugas masivas de amoníaco, y muchas otras consideraciones que se debe tener en cuenta.

5.1.2.5 REQUERIMIENTOS DE MONTAJE.

Hay tres factores importantes a considerar: refrigerante, seguridad con el refrigerante y la eficiencia, cada uno de estos es de gran importancia en los requerimientos de montaje, y pueden afectar a largo plazo a los costos de operación del sistema.

5.1.2.5.1 REFRIGERANTE

La selección del refrigerante, es una consideración primaria en la elección de un sistema de refrigeración. Su elección, estará basada en el costo total, limpieza, facilidad de obtención, de almacenamiento y de operación.

Tabla 18 Criterios para la Selección de un Refrigerante.

Refrigerante	Aplicación	Criterio			
		<i>Termodinámica</i>	<i>Seguridad</i>	<i>Técnico</i>	<i>Económico</i>
R-11	Almacena	✓	✓	✓	❖
R-12	Congela	✓	✓	✓	✓
R-22	Todos	✓	✓	❖	✓
Amoníaco	Todos	✓	❖	✓	✓
Hidrocarburo	Enfría	✓	❖	✓	✓
Agua	Enfría	✓	✓	✓	✓

La determinación de los costos de operación, está dentro de las siguientes consideraciones:

- a) El refrigerante propiamente dicho.
- b) Facilidad de almacenamiento.

El Amoníaco es un refrigerante natural con un potencial de riesgo menor y ha sido utilizado por más de 120 años en la refrigeración, es producido por un proceso biológico, se descompone naturalmente y no es causante del efecto invernadero. El amoníaco fue el primer refrigerante utilizado en las plantas de refrigeración por medio de compresión mecánica desde entonces se ha venido utilizando en plantas lecheras, cervecerías. La tendencia actual, es el uso de R717 en aplicaciones que tradicionalmente no usaban este refrigerante, debido a su bajo costo y alta eficiencia. El olor del amoníaco tiene un alto efecto de alarma. Aun pequeñas fugas pueden ser detectadas por una persona que pueda resistir el olor esto siempre y cuando existan concentraciones inofensivas. La principal propiedad negativa del amoníaco es su toxicidad y su moderado nivel de flamabilidad.

5.1.2.5.2 SEGURIDAD CON EL REFRIGERANTE.

El amoníaco, debido a que es muy soluble en agua (a temperatura ordinaria y a presión atmosférica normal, un litro de agua puede absorber 700 litros de vapor de amoníaco, que corresponde aproximadamente a medio kilo de amoníaco líquido) ataca a todas las partes húmedas del cuerpo, especialmente los ojos, la nariz, la garganta y los pulmones, como medida de seguridad en plantas frigoríficas que se utilice amoníaco como refrigerante, es aconsejable disponer cerca de la sala de máquinas, de una ducha o de preferencia un estanque donde se puedan introducir a las personas afectadas. El riesgo que puede ocasionar el amoníaco es más real por su efecto tóxico, que por la posibilidad de explosión. El

acostumbrarse al olor contribuye a ignorar el peligro que existe en la exposición prolongada a concentraciones sustanciales de vapor.

5.1.2.6 CONSIDERACIONES ESPECIALES.

Para instalar un sistema de refrigeración, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Espacio requerido por cada equipo.
- Espacio total requerido.
- Espacio para mantenimiento.
- Tamaño y características de los equipos cuando requiera ser reemplazada, incluyendo la localización de las tuberías existentes, reemplazo y limpieza del cárter y separadores de aceite.
- Limitaciones de peso de los componentes.
- Limitaciones por nivel de ruido.

5.1.3 MÉTODOS DE SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA

Contar con más de una opción para solucionar una necesidad abre la puerta a que la necesidad se ha cubierta de una manera más completa, pero también pone sobre la mesa la discusión de cuál de estas alternativas es la mejor.

5.1.3.1 SELECCIÓN DE COMPRESOR: TORNILLO O RECIPROCANTE?⁷

Aunque no hay una respuesta simple a esta pregunta, lo cierto es que hasta ahora ambas alternativas son buenas y bien pueden cubrir la necesidad del usuario. Ahora se enlistan una serie de criterios bajo los cuales se debe de llevar a cabo la selección:

- **Capacidad requerida:** Compresores de tornillo usan menos energía, mientras que los compresores reciprocantes son más eficientes energéticamente hablando a capacidades menores a 1200 Kw (340 Tr)
- **Condiciones de operación:** Los compresores de tornillo y los compresores reciprocantes difieren en gran manera en su eficiencia cuando no operan bajo las condiciones del diseño o cerca de ellas. Los compresores de tornillo son significativamente menos eficientes en el uso de energía al operar en condiciones fuera de las de diseño, particularmente si tienen un cociente de volumen interno fijo. Los compresores de tornillo con cociente variable de volumen son por lo tanto más eficientes.
- **Requerimientos de carga parcial:** Si el compresor va a trabajar a cargas parciales por largos periodos de tiempo, los compresores reciprocantes son más eficientes.
- **Consumo de energía:** En plantas pequeñas, operar a temperaturas de evaporación de -10°C o más altas en una sola etapa, los compresores reciprocantes tendrán menos consumo de energía que los compresores de tornillo. En plantas grandes ocurre lo opuesto. En aplicaciones donde la temperatura de evaporación es menor a -10°C, un sistema de dos etapas es la mejor alternativa. El consumo de energía de los dos compresores en cada una de las etapas es casi el mismo, dependiendo del tamaño de la planta.

⁷ García L. BIR Refrigeración. 2da.ed. Colombia: 2006. pp. 4-10

- **Niveles de temperatura:** En aplicaciones como las de acondicionamiento de aire y otras aplicaciones de “alta temperatura”, los compresores reciprocantes tienen un consumo de energía menor que los compresores de tornillo pequeños, esta diferencia varía de un 5 hasta un 15 %. Compresores de tornillo trabajando a bajas temperaturas en instalaciones de gran tamaño, usan menos energía que sus contrapartes en pistones.
- **Mantenimiento:** Los compresores reciprocantes tienen muchas partes en movimiento comparados con los de tornillo, lo cual significa que se requiere de mayor mantenimiento. Aunque el mantenimiento requerido es relativamente simple y siempre puede ser realizado en campo. Con lo que respecta a los compresores de tornillo, los reemplazos y los servicios mayores implican que el equipo a veces tiene que ser enviado a la fábrica.
- **Servicio y refacciones:** Al comprar un equipo no sólo se adquiere una unidad sino también el compromiso por parte del proveedor de garantizar el suministro de un servicio profesional así como el acceso a las refacciones necesarias para llevar a cabo un servicio.
- **Espacio disponible:** Los compresores de tornillo son más compactos que los reciprocantes, y esto es aún más notorio a grandes capacidades.
- **Integración a un sistema de cómputo:** La integración a un sistema de cómputo central es ahora tan importante como el equipo mismo. El seguimiento a la operación de los equipos, generar gráficos de operación, tablas de datos y más información se obtiene de los microprocesadores montados en los compresores los cuales han tenido mayor desarrollo para los compresores de tornillo.
- **Mano de obra:** Aunque la mano de obra no es parte del equipo, si es un elemento importante en la selección del compresor. El personal técnico debe estar capacitado para manejar, diagnosticar e inclusive reparar un compresor.
- **Inversión inicial:** En plantas pequeñas donde uno o dos compresores reciprocantes pueden absorber la carga, esta es normalmente la solución más económica, por el

contrario en plantas grandes, uno o dos compresores de tornillo son más económicos que seis u ocho compresores recíprocos.

Finalmente cuando se lleva a cabo una buena selección, la recompensa no sólo es un mejor desempeño energético sino también mayor confiabilidad y entera satisfacción.

5.1.3.1.1 SELECCIÓN DEL ACEITE DEL COMPRESOR.

La cantidad de aceite lubricante afecta la vida del compresor, para evitarlo hay que usar aceite de la mejor calidad. Si se adhiere carbonilla o escoria a la salida de la válvula de descarga o si las piezas móviles muestran desgaste prematuro cuando la relación de compresión y la presión de descarga no es alta y el consumo de aceite es anormal considerar.

- a. Si el aceite contiene impurezas extrañas o si es de mala calidad.
- b. Si el aceite está sucio o es viejo, aun cuando sea de buena calidad.

Factores importantes del aceite son: la viscosidad al aumentar la temperatura, bajo punto de fluidez y punto de inflamación alto. Después de comprado el aceite debe tratarse con sumo cuidado para evitar la contaminación con impurezas tales como agua o suciedad que podría ocasionar desgaste o corrosión al compresor.

Tabla 19 Criterios para la Selección del Aceite para un Compresor.

Clase N°	Color unión	Reacción	Punto de inflamación	Viscosidad 85°F	Redwood por seg. 122 °F	Corrosión	Punto de inflamación	Valor de emulsif.
150	Max. 3	Neutra	Mayor a 311°F	152 +/- 20	Min. 60	Max. 1	Menor a 81°F	Max.200
300	Max. 4	Neutra	Mayor a 329 °F	301+/- 20	Min. 90	Max. 1	Menor a 72°F	Max. 200

5.1.3.2 SISTEMA DE SELECCIÓN DEL CONDENSADOR.

El procedimiento a seguir para seleccionar el condensador es:

- Hallar la capacidad total de disipación de calor necesaria en el condensador.
- Determinar las condiciones de diseño del sistema:
 - Temperatura de condensación.
 - Temperatura del termómetro húmedo.
- Hallar el factor de corrección de la potencia Standard
- Multiplicar el factor de corrección obtenido por la cantidad hallada en el punto 1, determinando así la cantidad total de disipación corregida.
- Determinar el condensador evaporativo.
- El condensador a seleccionar es aquel cuya capacidad Standard sea igual o mayor que la capacidad de disipación corregida.

Tabla 20 Factor de Corrección.

R 717 AMONÍACO											
Presión condensador (Kpa)	Temperatura condensación (°C)	Temperatura de bulbo húmedo (°C)									
		16	18	20	21	22	24	26	27	29	32
1069	30	1.25	1.38	1.61	1.75	1.94	2.42	-----	-----	-----	-----
1138	32	1.06	1.19	1.35	1.44	1.56	1.84	2.31	-----	-----	-----
1225	34	0.94	1.02	1.12	1.18	1.27	1.45	1.71	1.88	-----	-----
1245	35	0.88	0.94	1.04	1.09	1.15	1.30	1.51	1.64	2.08	-----
1294	36	0.80	0.88	0.96	1.00	1.06	1.18	1.34	1.46	1.76	-----
1362	38	0.74	0.78	0.83	0.86	0.90	0.98	1.09	1.19	1.40	2.10
1451	40	0.65	0.69	0.73	0.75	0.78	0.84	0.94	1.00	1.11	1.49
1558	42	0.59	0.61	0.64	0.66	0.68	0.72	0.78	0.83	0.90	1.15
1656	44	-----	0.54	0.56	0.58	0.60	0.64	0.69	0.73	0.77	0.95

Tabla 21 Selección del Condensador Evaporativo.

Condensador Evaporativo	Disipación Standard Kw	Condensador Evaporativo	Disipación Standard Kw
EWK-E 144/4	166	EWK-E 441/4	558
EWK-E 225/3	228	EWK-E 441/5	681
EWK-E 225/4	292	EWK-E 441/6	826
EWK-E 225/5	390	EWK-E 576/5	857
EWK-E 324/4	423	EWK-E 576/6	1024
EWK-E 324/5	503	EWK-E 900/5	1305

5.1.3.3 SISTEMA DE SELECCIÓN DE EVAPORADORES

Para determinar el evaporador adecuado para un sistema es necesario conocer:

- Capacidad frigorífica deseada, según cálculo.
- Temperatura Cámara (Temperatura del aire a la entrada del evaporador)
- Temperatura Evaporación (Temperatura correspondiente a la presión del refrigerante a la salida del evaporador)
- Humedad Relativa.
- Factor F en las condiciones C1 a C4. (Fs)

Para seleccionar en estas condiciones, se deben aplicar los siguientes factores de corrección:

- Factor F en las condiciones deseadas (F)
- Factor de corrección de desescarche (FC)
- Factor de refrigerante (FR)
- Capacidad frigorífica de selección.

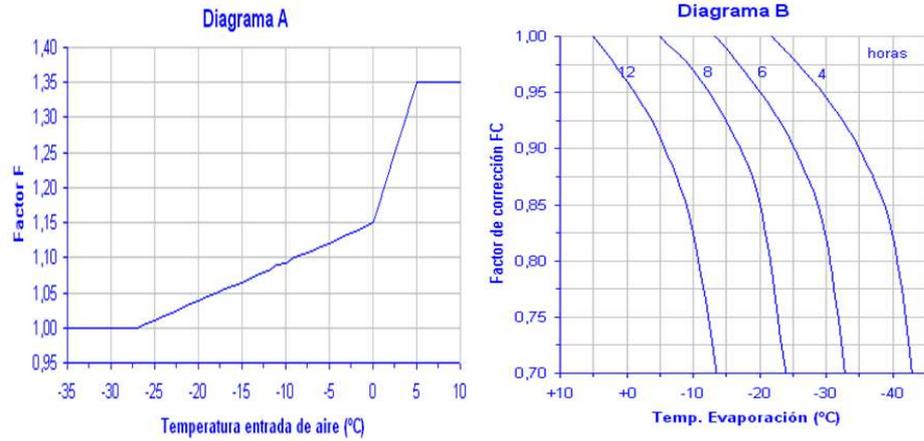


Figura 61. Diagramas para la Selección de Evaporadores

Tabla 22 Determinación del Factor Fs.

Condición	Temp. Cámara(°C)	Temp. Evaporación(°C)	°T (K)	Factor F
C1	+2,5	-5,5	8	1,25
C2	-5	-13	8	1,12
C3	-18	-26	8	1,05
C4	-23	-31	8	1,02

Tabla 23 Selección de Evaporadores

T° Cám. °C	T° Evap. °C	DT° °C	RENDIMIENTO POR MODELOS (Kcal / Hr)				
			IM-501	IM-502	IM-503	IM-504	IM-505
5	0	5	4.575	9.151	13.726	18.302	22.877
	-1	6	5.478	10.956	16.434	21.912	27.390
	-2	7	6.376	12.753	19.129	25.506	31.882
	-3	8	7.271	14.541	21.812	29.083	36.353
	-4	9	8.161	16.322	24.482	32.643	40.804
	-5	10	9.047	18.094	27.140	36.187	45.234
0	-5	5	4.523	9.047	13.570	18.094	22.617
	-6	6	5.416	10.831	16.247	21.662	27.078
	-7	7	6.304	12.607	18.911	25.214	31.518
	-8	8	7.188	14.375	21.563	28.750	35.938
	-9	9	8.067	16.134	24.202	32.269	40.336
	-10	10	8.943	17.886	26.828	35.771	44.714
-5	-10	5	4.471	8.943	13.414	17.886	22.357
	-11	6	5.303	10.607	15.910	21.213	26.516
	-12	7	6.114	12.229	18.343	24.457	30.572
	-13	8	6.905	13.809	20.714	27.619	34.523
	-14	9	7.674	15.348	23.022	30.697	38.371
	-15	10	8.423	16.846	25.269	33.691	42.114

Tabla 24 Determinación del Factor FR

Refrigerante	R 404A	R 22	R 134a	R 717
Factor FR	1,05	1	0.95	0,75

5.1.3.4 REGLAS DE SELECCIÓN PARA LOS RECIPIENTES DE LÍQUIDO.

La dimensión del recibidor será tal que el 70% de su volumen interno sea disponible para almacenar todos los servicios que razonablemente puedan ser vaciados en la planta al mismo tiempo. El 30% restante será reservado como pulmón para condiciones de funcionamiento normal de la instalación.

En instalaciones pequeñas con pocos evaporadores, el recibidor usualmente tendrá dimensiones tales que su volumen mas el 50% del volumen interno del condensador almacenen todo el refrigerante de la instalación.

En grandes instalaciones con varios evaporadores el recibidor debe al menos contener la carga de almacenamiento normal (1/3 de su volumen interno) mas la carga de líquido que es contenida en el o los evaporadores que ocasionalmente pueden ser vaciados simultáneamente por descongelamiento o reparación.

En instalaciones de recirculado el separador de recirculado de baja presión puede ser utilizado como tanque de vaciamiento.

Tabla 25 Dimensiones Recibidor

MODELO	Dimensiones			Volumen (litros)	Peso (Kgs)
	A	B	(mm) C		
16150	406	1900	600	188	210
16300	406	3400	600	376	390
18150	457	1900	650	238	250
18300	457	3400	650	476	485
20300	508	3400	710	588	455
20450	508	4900	710	883	660
22300	558	3400	800	712	510
22450	558	4900	800	1068	740
24300	609	3400	850	847	630
24450	609	4900	850	1270	910
26300	660	3500	900	1025	690
26450	660	5000	900	1282	1020
28450	711	5000	950	1730	1350
30450	762	5000	1000	2040	1460

5.1.3.5 ANÁLISIS DE COSTOS.

El efecto de costos de equipamiento puede ser muy significativo para la generación y traslado de energía térmica. Tanto en la operación de los equipos como la de los sistemas, hay que considerar la posibilidad de aprovechar al máximo la energía generada.

La eficacia de cada elemento juega un papel muy importante en el ahorro energético del sistema, determinando una mayor o menor utilización de energía eléctrica. La máxima eficiencia desarrollada en el proceso se evalúa con un adecuado Análisis de Costos, refiriéndose al tiempo de operación, generando un ahorro acumulativo igual o mayor invertido, al seleccionar un equipo de mayor costo pero de mayor eficacia. Habiendo definido una configuración básica del sistema, y habiendo identificado al equipo que incrementa el

rendimiento de producción e inversión. La secuencia de un análisis de costos correcto, es primero y puede ser resumido como sigue:

- Estimar el consumo de energía eléctrica del sistema a máxima carga.
- Estimar el consumo anual de energía eléctrica.
- Estimar el costo anual de energía eléctrica.
- Determinar el incremento potencial de la eficiencia aumentada.
- Estimar el ahorro potencial de energía eléctrica anual.
- Determine el período de análisis de costos por la inversión.
- Perfeccione el análisis.

Como se puede ver, los costos de producción de frío se centran fundamentalmente en el ahorro de energía eléctrica.

5.2 INSTALACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL SISTEMA.

Para la instalación de un sistema de refrigeración industrial, es necesario considerar una serie de parámetros previos al instalar estos equipos. Es importante seguir las indicaciones que recomienda el fabricante, más la experiencia y el buen juicio del técnico que está conduciendo el montaje de cada elemento del sistema. En el montaje de los elementos del sistema de refrigeración se deben considerar los siguientes puntos fundamentales:

- Suministros de:
 - Agua.
 - Electricidad.

- Refrigerante.
- Aire.
- Control de:
 - Temperaturas del sistema.
 - Purga de Agua. (condensadores evaporativos)
 - Desfogue de las válvulas de seguridad.

5.2.1 SUMINISTRO DE AGUA

El Abastecimiento del agua no se lo puede realizar directamente de la red del sistema general de agua a los Condensadores Evaporativos, por dos consideraciones fundamentales:

- El ablandamiento para bajar la dureza del agua.
- El tratamiento químico necesario, para evitar la corrosión e incrustaciones.

Tomando en cuenta estas consideraciones el agua de suministro, debe ser preparada y tratada en un recipiente exclusivo para este fin, el mismo que sirve para recibir y almacenar.

5.2.2 SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Los requerimientos eléctricos necesarios, depende del tipo de arrancador y de motor, se deben considerar las siguientes cargas:

- Motor para ventiladores.
- Motor para la bomba de agua.
- Motor para la bomba de aceite.
- Motor para bomba de amoníaco.
- Motor para el compresor.
- Resistencias para el calentamiento del aceite.
- Equipos auxiliares, tales como: ablandadores, dosificadoras de químicos, etc.

La instalación eléctrica en general debe cumplir con los reglamentos de instalaciones eléctricas, y los elementos deben estar protegidos contra las condiciones ambientales tales como: Polvo, humedad y el calor.

5.2.3 REQUERIMIENTOS PARA EL REFRIGERANTE

Disponer de tanques de almacenamiento de acuerdo al refrigerante a emplear, cuando un sistema utiliza amoníaco, los tanques de reserva deben estar alejado de toda la instalación y provistos de ventilación en dirección contraria al área de la empresa para disminuir el impacto ambiental en caso de algún derrame de amoníaco.

5.2.4 SUMINISTRO DE AIRE

Los sistemas de refrigeración necesitan grandes cantidades de aire fresco, para la condensación del refrigerante y ventilación del cuarto de máquinas; por lo tanto, se requiere una buena ventilación para satisfacer esta necesidad.

5.2.5 TEMPERATURAS DEL SISTEMA.

El control de las temperaturas del sistema no solo se refiere a la temperatura de la cámara o del agua en caso de evaporadores inundados, sino a las temperaturas normales de funcionamiento del sistema tales como; temperatura de descarga, temperatura de succión, temperatura de aceite. El control adecuado de estos parámetros mejorara la eficiencia del sistema.

5.2.6 PURGA DE AGUA.

Las purgas de agua se lo realiza principalmente en los Condensadores Evaporativos, para eliminar los sólidos que se encuentren en su interior, las purgas se las realizara 3 veces por turno con una duración de 3 minutos cada una.

5.2.7 VÁLVULAS DE SEGURIDAD

Las válvulas de seguridad, juegan un papel muy importante en la seguridad humana y del equipo, rara vez se le presta la atención debida. De su correcta instalación dependerá en gran parte el buen funcionamiento de las mismas. Es de recomendarse los siguientes cuidados:

- a. No usar demasiado compuesto (permatex) en la rosca de entrada, éste puede ir a parar al asiento.

- b. Nunca colocar las válvulas de seguridad con la ayuda de llave para tubo (Stillson) y menos usar el cuerpo de la válvula para hacer el apriete. Esto distorsiona el cuerpo de la válvula. Para colocación y apriete debe usarse una llave inglesa.
- c. Sobre la válvula de seguridad, no debe descansar el peso de la tubería de escape, debe usarse tubería suspendida independientemente.

5.3 LIMITACIONES SALA DE MÁQUINAS.

Para la determinación de las dimensiones necesarias del lugar de instalación existen una serie de limitaciones:

- a. **Limitaciones Técnicas del equipo.-** Generalmente se refieren a los requerimientos para el mantenimiento o reemplazo de partes, para lo cual se requieren ciertos espacios libres. Estos datos los proporciona el fabricante del equipo.
- b. **Limitaciones Físicas del Lugar de Instalación.-** Hacen referencia a las limitaciones que en un momento dado, tenga el espacio disponible para realizar la instalación. Es conveniente para cada caso real, ver todas las conveniencias, factores y limitaciones.
- c. **Limitaciones Económicas.-** Son las que nos obligan a tener la instalación con costo mínimo. Intervienen diversos factores: Tener los elementos lo más cerca posible del lugar donde se va a utilizar el frió.

En conclusión, la determinación de si la instalación va a ser más cerca y más barata, va a depender de la localización de la sala de máquinas, de la facilidad de suministro de agua, y electricidad.

- d. **Limitaciones Prácticas.-** Son orientadas para tener facilidad de realizar inspecciones de los diferentes elementos del sistema, así como también realizar un buen mantenimiento de todo el equipo.
- e. **Limitaciones de Servicio.-** Considerar el equipo de tratamiento de agua. (Obtenga una muestra o análisis de su agua disponible y envíela a un consultor en tratamiento de agua. Él dará las recomendaciones más adecuadas).

Para la obtención de una correcta instalación, es siempre preferible proponer y obtener en su caso, el espacio que se considere más favorable, tomando como base el reglamento de instalación de equipos de refrigeración, y las limitaciones del propio fabricante del equipo. En algunos casos, como en sustitución o ampliación, el espacio se proporciona de antemano y se hace necesario sacrificar comodidad o rapidez en el mantenimiento del equipo. Situación que definitivamente no es recomendable.

5.3.1 DIMENSIONES DE LA SALA DE MÁQUINAS PARA COMPRESORES Y TRAMPAS.

- La longitud mínima de la sala de máquinas se da, entre la longitud de los compresores y las paredes, para que permita un futuro reemplazo o mantenimiento de los motores eléctricos (por la parte trasera de la unidad).
- La longitud mínima de la sala de máquinas, se da también entre las trampas de succión o líquido con relación a las paredes y el diámetro de las trampas, para que permitan un futuro cambio o mantenimiento de la estructura o de las bombas de amoníaco en el caso de daños en las trampas de líquido.

Este arreglo proporciona suficiente espacio para un pasillo al frente de los compresores y trampas; pero ajustado espacio en la parte trasera. Al espacio disponible se adicionan aproximadamente 0.5 m, deberá ser permitido en la parte trasera un espacio de trabajo.

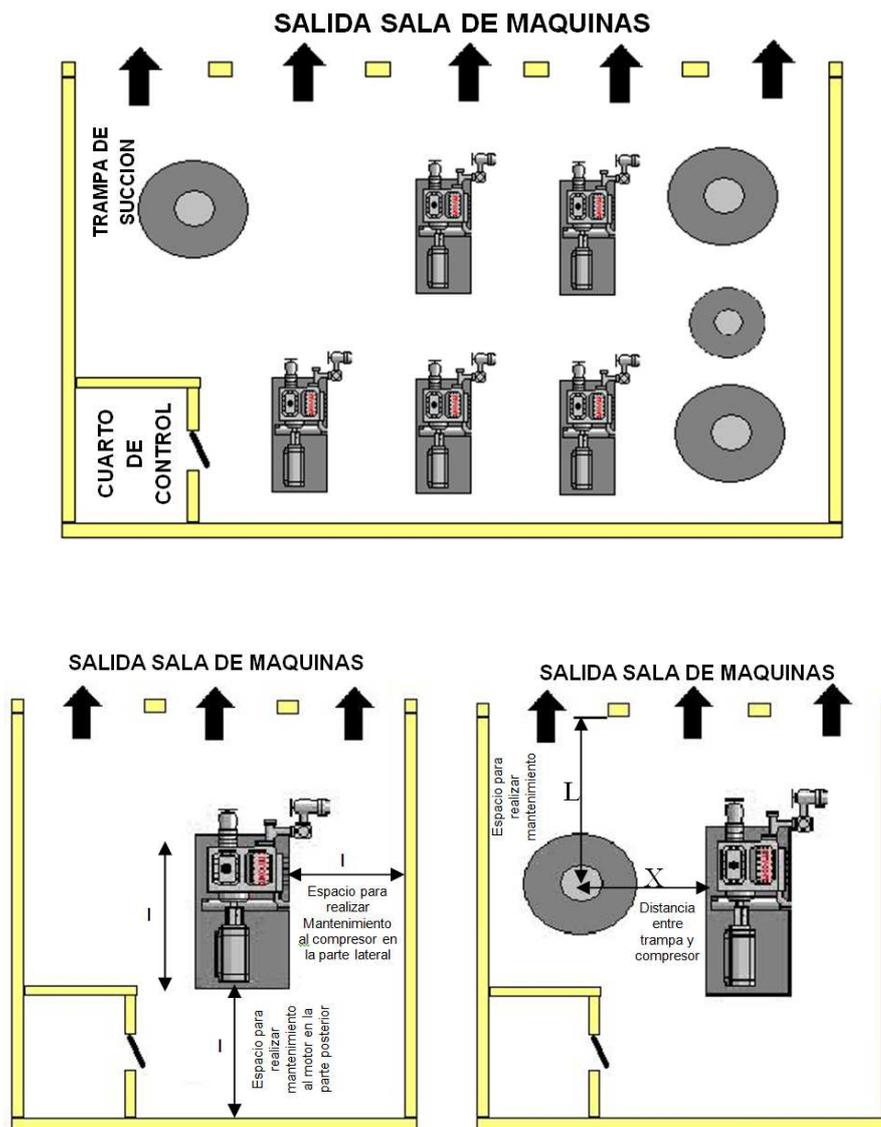


Figura 62. Ubicación de Compresores y Trampas de Succión en la Sala de Máquinas y Dimensiones Mínimas para el Mantenimiento

- **Distancia entre el compresor y la pared (A).** - Recomendaciones mínimas, que permita trabajos de limpieza y mantenimiento, 1.5 m, entre las guardas del compresor y la pared. Si el espacio lo permite, esta distancia deberá ser mayor en caso de colocar el arrancador del compresor.
- **Distancia entre compresores (B).** - Las recomendaciones mínimas están en función de la potencia de los compresores para permitir trabajos de limpieza y mantenimiento. Estas distancias son:

Tabla 26 Distancias según Capacidades de los Compresores.

ESPACIO	CAPACIDAD DE LOS COMPRESORES
1.00 metros	5 – 25 HP
1.30 metros	25– 50 HP
1.50 metros	50 – 300 HP

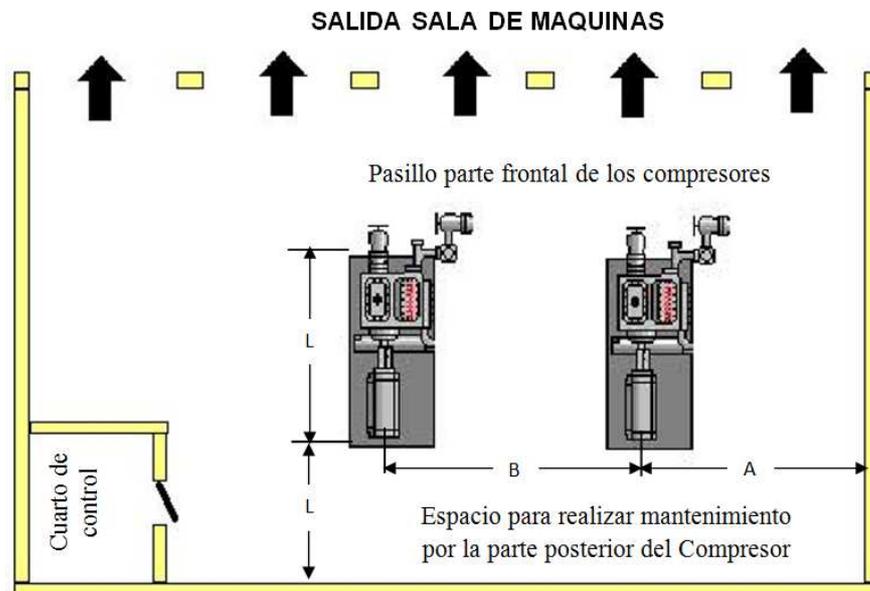


Figura 63. Ubicación y dimensiones mínimas de la Sala de Máquinas con 2 o más unidades

- **Distancia entre la trampa y la pared (C).** - Recomendaciones mínimas, que permita trabajos de limpieza y mantenimiento, 1.5 m, entre el eje simétrico del diámetro de la trampa y la pared. Tratando de dejar todos los controles al frente de la trampa.
- **Distancia entre trampas (D).**- Las recomendaciones mínimas están en función al diámetro de cada trampa para permitir trabajos de limpieza y mantenimiento. Las distancias a las que se hace referencia son tomadas de eje a eje de cada trampa. Hay que tener en cuenta que las trampas de succión o líquido no tienen diámetros mayores a 1.50 metros ya que su capacidad también varía al incrementar su altura. Estas distancias son:

Tabla 27 Distancias según los Diámetros de las Trampas

ESPACIO	DIÁMETRO (E)
1.00 metros	0.6 m - 0.8 m
1.30 metros	0.9 m - 1.0 m
1.50 metros	1.10 m - 1.30 m

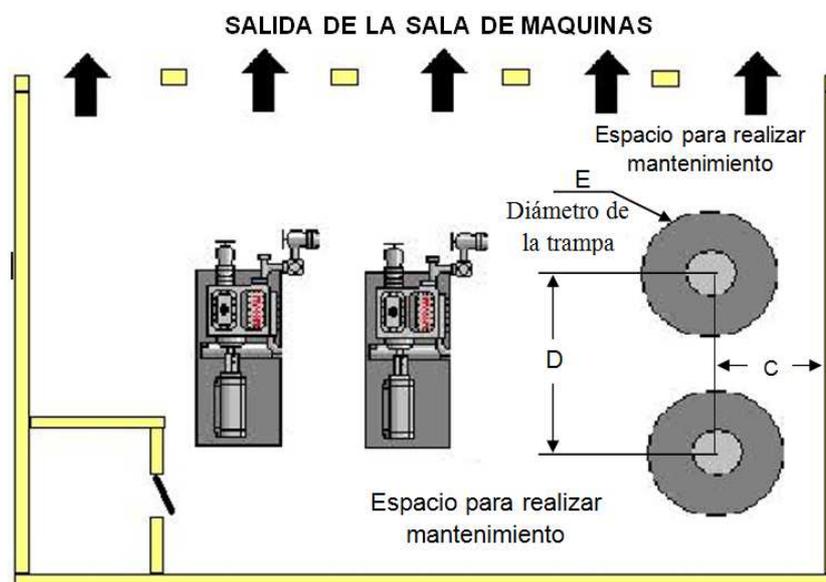


Figura 64. Ubicación y Dimensiones mínimas de la Sala de Máquinas con 2 o más trampas

- La altura, no hay regla general. Esta dimensión puede variar con:
 - Capacidad del compresor y altura de la misma, a partir de la línea de piso.
 - Dimensión y localización de las trampas de succión y líquido.
 - Dimensión y localización de tubería principal de descarga y succión.
 - Requerimientos del reglamento de seguridad local.

Use los datos del manual de instalación para guiarse con la altura máxima de los compresores y de las trampas de succión o líquido, y auméntele 1 metro, a esta altura para permitir el montaje recomendado de tuberías.

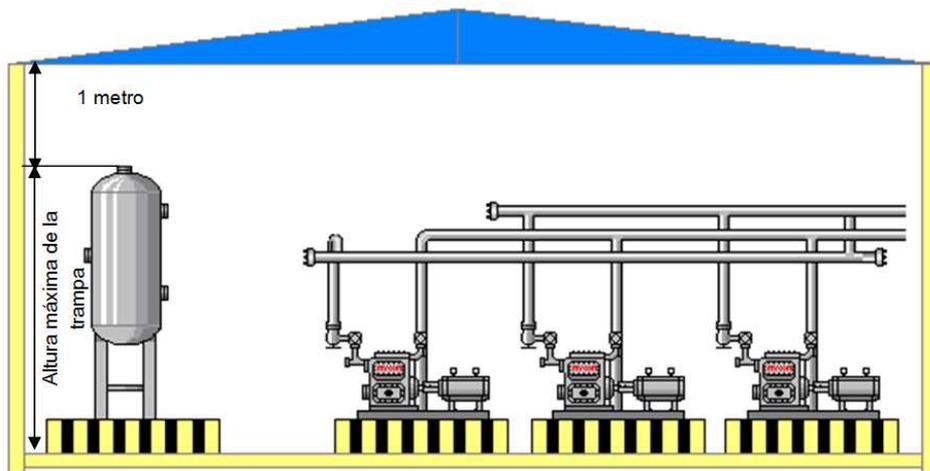


Figura 65. Ubicación y Dimensiones Mínimas de Altura de la Sala de Máquinas

5.3.1.1 BASES PARA MONTAR LOS COMPRESORES.

Los compresores y trampas se deben montar sobre dos bases de concreto. La fundición será construida en hormigón. Deberá ser lo bastante alta como para mantener, el compresor 30 cm

por encima del nivel del suelo para facilitar la inspección. Considerar una densidad de hormigón de 2.300 Kg/dm^3 . normalmente la base de hormigón tendrá un peso equivalente a tres veces el peso del moto-compresor y deberá ser aislada del resto del edificio por medio de la colocación de planchas de corcho de un espesor aproximado de 5 cm. Si el moto-compresor debe emplazarse en una planta alta comprobar:

1. Si la estructura del piso tiene la resistencia adecuada.
2. Que la fundición esté construida a prueba de vibraciones.

Una vez colocado el grupo sobre la fundición preparada para tal efecto, comprobar si los pernos de anclaje han sido sólidamente recibidos. Situar perfectamente el grupo y nivelarlo en todas las direcciones utilizando cuñas y galgas donde sea necesario y en cada perno de anclaje. Después, asegurar fuertemente el grupo a la fundición.

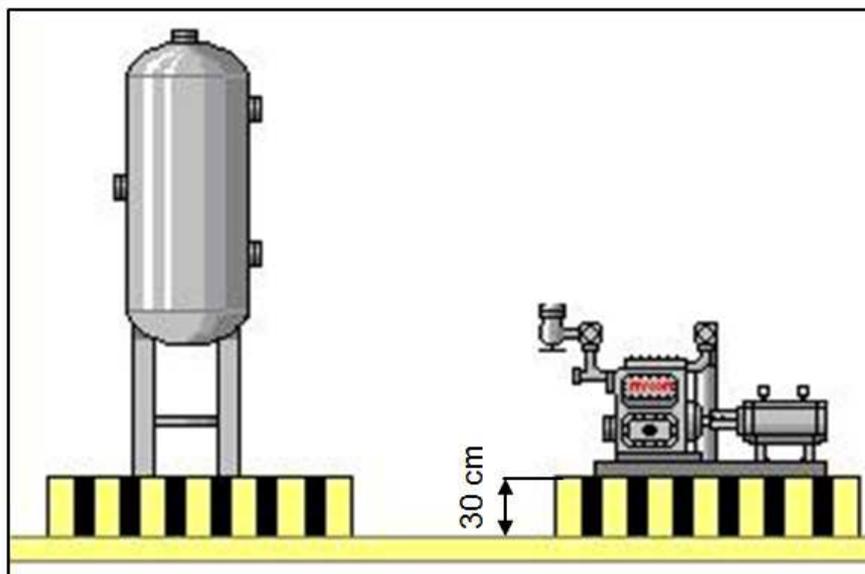


Figura 66. Altura Base de Compresores y Trampas

5.3.1.2 LA VENTILACIÓN PARA LA SALA DE MÁQUINAS.

Toda sala de máquina deberá tener medios suficientes de ventilación al exterior que podrá ser natural o forzada según se especifica a continuación;

- **Ventilación natural.-** Consistirá en puertas y ventanas permanentemente practicables cuya superficie total libre esta en función de la carga de refrigerante del equipo. La superficie total libre será al menos de un sexto de la superficie de la sala.
- **Ventilación forzada.-** Consistirá en ventiladores extractores con capacidad en función a la carga refrigerante del equipo. Además debe quedar asegurado un mínimo de 12 renovaciones de volumen de la sala por hora.

5.3.1.3 ACOPLAMIENTO POR CORREAS.

Todos los grupos de moto-compresores salen de fábrica alineados; no obstante, una vez instalados hay que comprobar nuevamente su alineación.

Para ello, utilizar un alambre de acero tirante sobre los volantes, la operación debe ser lo más precisa posible, ya que un desalineamiento provoca desgaste y rotura de las correas, así como un acortamiento de la vida del compresor ya que los cojinetes estarían sometidos a esfuerzos totalmente innecesarios.

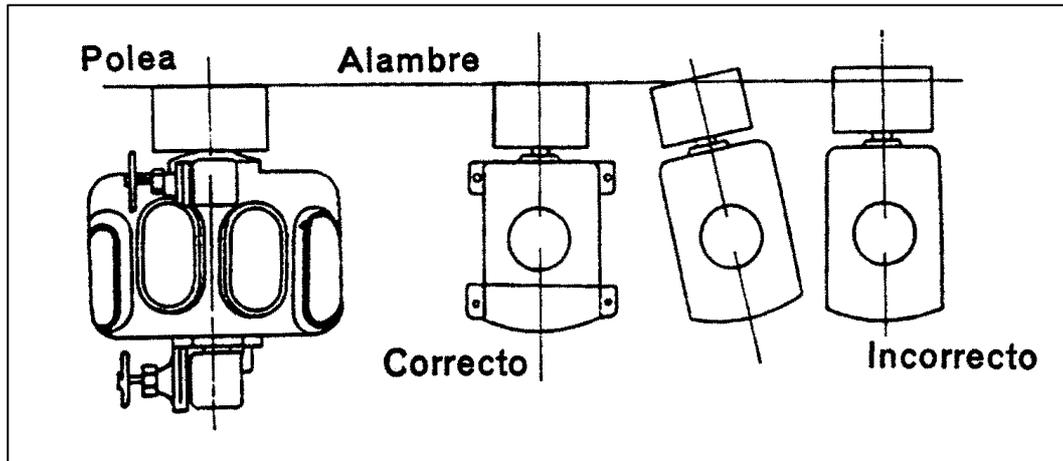


Figura 67. Alineamiento del Motor y Compresor

En la colocación de las correas se deben tener en cuenta:

- No forzar las correas contra la polea del motor. Al instalar debe dejarse suficiente holgura entre las poleas. Colocar las correas y después comprobar que estén bien colocadas, tensar ajustando y alineando los tornillos tensores del motor.
- No tensar excesivamente las correas. Para comprobar, presionar en la mitad de su distancia entre centros.
- Cuando se deba reponer alguna de las correas, deberá cambiarse todo el juego. No utilizar juntas correas viejas y nuevas ya que la mezcla provocará vibraciones anormales y disminuirá la vida de las correas.
- Una vez colocadas las correas nuevas, comprobar su tensión 48 horas después y luego cada vez en cuando.

Tener cuidado de no colocar correas que tengan aceite o grasa. Si sucediera limpiarlas.

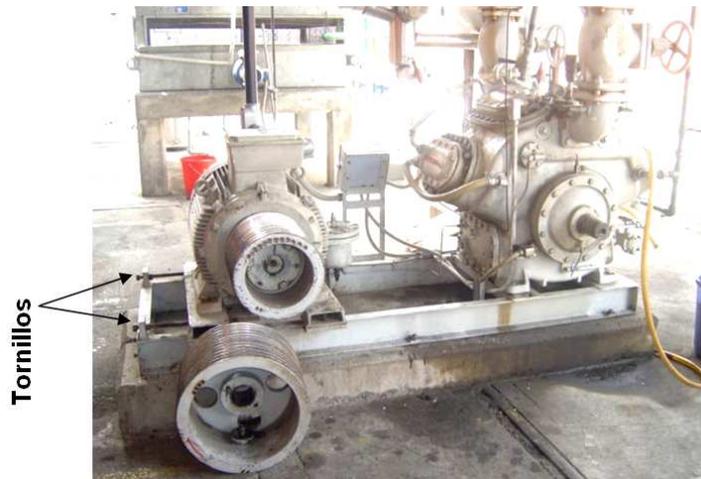


Figura 68. Tensores de Bandas

5.3.1.4 TUBERÍAS

Para la instalación de tuberías se debe tener en cuenta:

- Tenerse especial cuidado de quitar tapones plásticos, bridas ciegas, etc., que se utilizan para el envío como protección de tuberías, accesorios, etc. Se puede dar casos de averías por causa de este olvido.
- Durante el montaje, trabajar con tubería descapadas y neutralizadas o limpiarlas con una baqueta de alambre antes de instalarlas con el fin de quitar arena, herrumbre, resto de soldadura, etc.
- No apoyarse en tuberías de bay-pass del compresor ni colocar sobre ellas nada, con el fin de evitar desperfectos y averías en el funcionamiento.
- No utilizar trapos para limpiar el interior de los tubos ya que pueden quedar algún trozo o hilos en el interior y después obstruir los filtros del compresor.

- El compresor cerrado hermeticamente, viene presurizado con nitrógeno seco para evitar la oxidación, mantenerlo así definitivamente hasta terminar el montaje de las tuberías, después puede descargarse fácilmente con solo abrir las válvulas y tapones correspondientes.
- Asegúrese de que no entre agua en el interior de las tuberías ya que puede generarse graves averías una vez arrancado el compresor.

5.3.1.5 MONTAJE DE LOS CONDENSADORES EVAPORATIVOS.

Los condensadores se deben montar sobre dos bases de hormigón de 70 cm. de altura, y 30cm. de ancho. El uso de estas bases proporciona un incremento en la accesibilidad de inspección de la estructura por debajo del condensador, y se aumenta la altura para limpieza de la parte inferior de la misma.

1. Si la estructura del piso tiene la resistencia adecuada.
2. Que la fundición esté construida a prueba de vibraciones.

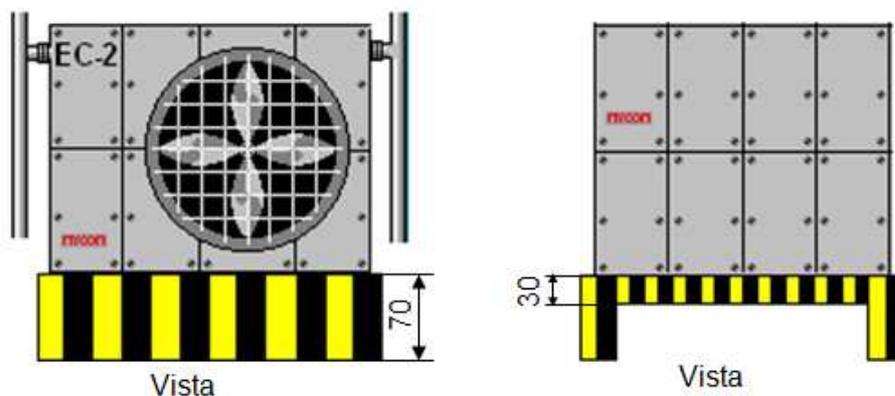


Figura 69. Dimensiones base para Condensadores Evaporativos

5.3.1.5.1 ENSAMBLE DE LOS CONDENSADORES EVAPORATIVOS.

Todos los equipos son ensamblados y pre-probados en fábrica pero para los fines de transportación es necesario desarmarlos y por lo tanto será necesario ensamblarse de nuevo el equipo en la planta final de operación, para esto es recomendable seguir las recomendaciones sugeridas en la presente para asegurarse que el equipo está correctamente ensamblado y que podrá operar correctamente.

- **La parte inferior:** Su montaje puede ser variado y donde vaya a quedar instalado se recomienda hacerle una base estructural con medidas similares a las que tiene la propia base del equipo y también es correcto el montaje sobre 2 columnas ó vigas longitudinales que cubran toda la base del condensador de tal forma que no olvide considerar siempre el peso de operación del equipo para cualquier cálculo de carga.
- **Ventilador (es):** La instalación del ventilador y su guarda de protección solo requiere de instalar y fijarse adecuadamente a la estructura con los tornillos proporcionados. El ventilador de aire forzado se instala en la posición de “extractor” con el motor hacia afuera.
- **Bomba de agua:** La bomba de agua será montada, horizontalmente, en la base especial que ha sido construida en un costado del equipo, hacer las conexiones de succión y descarga de agua con los materiales recomendados, para la descarga del agua se proporcionan 2 piezas de tubería de pvc identificables que corresponden una a la parte inferior y otra a la parte superior. Asegúrese que la caja de conexión eléctrica esté accesible y utilizar material eléctrico especial para exterior y sellar perfectamente la caja post la conexión.

- **Parte superior:** Esta parte del equipo ensambla perfectamente con la parte inferior sobre una estructura angular, siguiendo la orientación del frente y parte posterior, que han sido maquinados juntos para los tornillos de amarre y que son proporcionados con el equipo.

Así mismo deberá sellar perfectamente la junta entre las 2 partes, esto con un empaque de hule suave, es empaque tipo “chicloso” de butyl, instalarlo suavemente, sin deformarlo ni presionarlo, sobre la cara de la parte inferior cubriendo totalmente la periferia sobre la línea que figuran los tornillos del amarre, y ser muy cuidadoso al momento de ensamblar las 2 partes que no se mueva de su lugar, tratar de bajar alineadamente toda la parte superior siguiendo alguna guía que puede ser instalada en una esquina tal como un tornillo largo o una varilla que puede servir para este propósito.

El empaque se expande totalmente al momento de unirse las 2 partes y por sus características es excelente sellador para el agua y resistente al ambiente. En caso de existir alguna fuga de agua durante la operación esta deberá ser sellada con algún material extra del mismo empaque instalándose a presión manual o con selladores tipo industrial como el silicón.

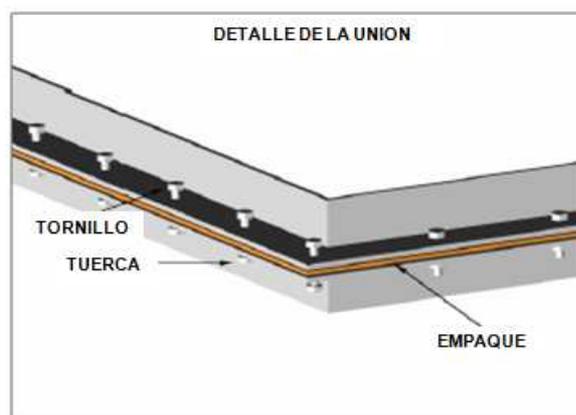


Figura 70. Instalación de Empaque para Condensadores Evaporativos

5.3.1.5.2 ELIMINADORES DE ARRASTRE DE AGUA

Estos serán instalados en la parte superior del equipo, por lo general, estos son longitudinales al equipo desde el frente hacia atrás en 118” y pudieran ser de diferentes anchos, asegúrese de contar con un diagrama correcto de instalación para su equipo, tienen una forma especial de ensamble para acoplarse uno con otro sin dejar espacios libres en ninguna parte del área superior.

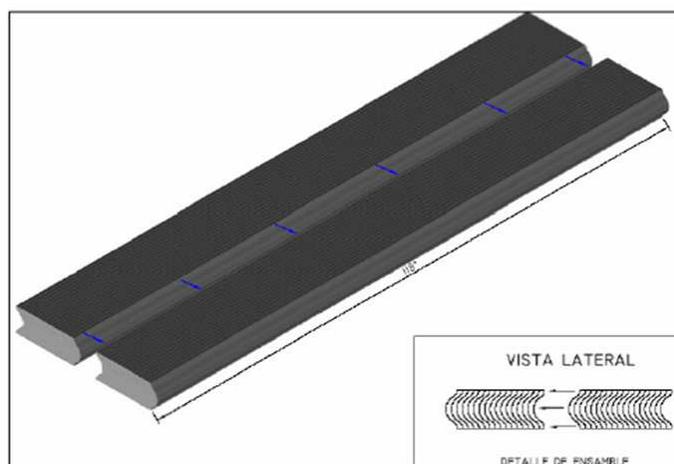


Figura 71. Eliminadores de arrastre de gotas

5.3.1.5.3 TUBERÍA DEL AGUA

La parte superior cuenta con su parte de tubo de pvc para la alimentación del agua, esta se instala primeramente sobre el cabezal de entrada de agua del de-súpercalentador, asegúrese del empaque de la brida, y posteriormente podrá conectarse al tubo de la descarga de la bomba a través de un acoplamiento flexible de manguera reforzada, preinstalada en un extremo, con 4 abrazaderas de amarre, apliqué algún sellador de agua como silicón al momento del amarre.

5.3.1.5.4 CONEXIONES ELÉCTRICAS

Todas la conexiones eléctricas para los motores asociados a este equipo se recomiendo hacerlos con materiales y trabajo profesional, usar interruptores independientes para cada motor y bien seleccionados en tamaño de protección, los controles de presión instalarse en un lugar protegido y accesible.

Sellar contra humedad todas las cajas eléctricas expuestas a intemperie. Asegúrese que los **giros** del ventilador y bomba sean **correctos** al momento de arranqué.

5.3.1.6. INSTALACIÓN DE CONDENSADORES EVAPORATIVOS

Asegúrese que el equipo siempre tenga alimentación de aire fresco, también debe considerar el efecto que puede causar al aire caliente y la humedad de la descarga del equipo, evitar esta descarga en dirección del viento donde haya personal trabajando que pueda estar inhalando estos vapores.

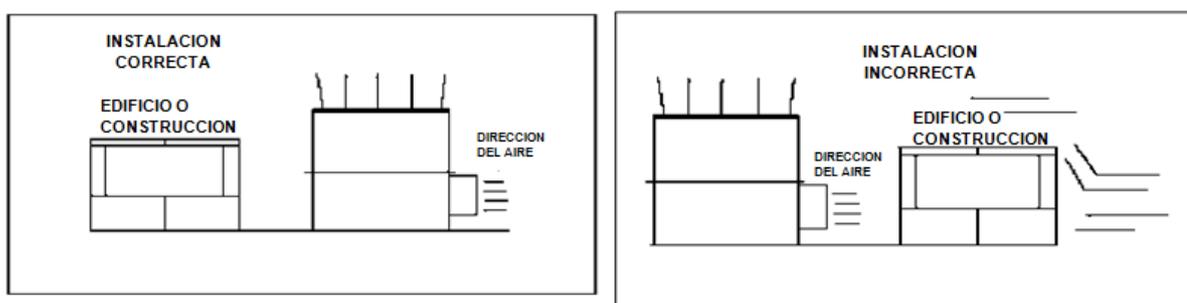


Figura 72. Formas de Instalación

5.3.1.6.1 ALIMENTACIÓN DEL AGUA

Asegúrese de contar con suficiente flujo de agua para alimentar el condensador, una conexión de ¾" de entrada al flotador es la recomendada y asegúrese que antes de llenar el depósito de agua el flotador no presente daños por el manejo, que opere el nivel correcto y que no haya suciedad ni obstrucciones en el filtro de succión de la bomba que puedan perjudicar la operación inicial.

5.3.1.6.2 TUBERÍAS DE AMONÍACO

La instalación correcta de las tuberías de amoníaco es responsabilidad del usuario y deberá asegurarse que estén bien instaladas, como esta parte tiene responsabilidad de instalación solo podemos recomendar que el trabajo sea hecho por expertos en la materia. Instale válvulas de servicio en la entrada y salida. Una válvula de purga para gases no condensables será necesario instalar en la entrada de gas al condensador, esto por ser la parte más alta. Así también una conexión de igualación de presión entre la entrada del condensador y el tanque receptor de refrigerante líquido de alta presión es necesaria para el correcto flujo de líquido. Igualar todos los condensadores instalados en el sistema.

Una reducción campana del tipo excéntrica, con la ampliación hacia arriba, se recomienda en la salida del líquido cuando se requiere reducir en la horizontal y una reducción concéntrica podrá ser utilizada cuando la reducción es la vertical. Para cuando haya condensadores múltiples se recomienda igualarlos por la parte superior y también deberá considerar el nivel de salida de líquido de los condensadores así como asegurarse que la instalación contemple

los igualadores de salida ó trampas de líquido antes de entroncar en la tubería de líquido al receptor, esto para evitar que algún condensador se inunde con refrigerante líquido. Pequeño gradiente para el libre viaje del líquido en dirección del receptor es requerida.

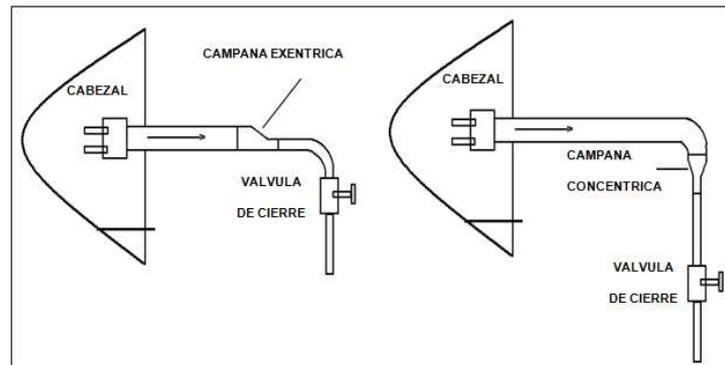


Figura 73. Formas correctas de Reducciones, Concéntricas y Excéntricas

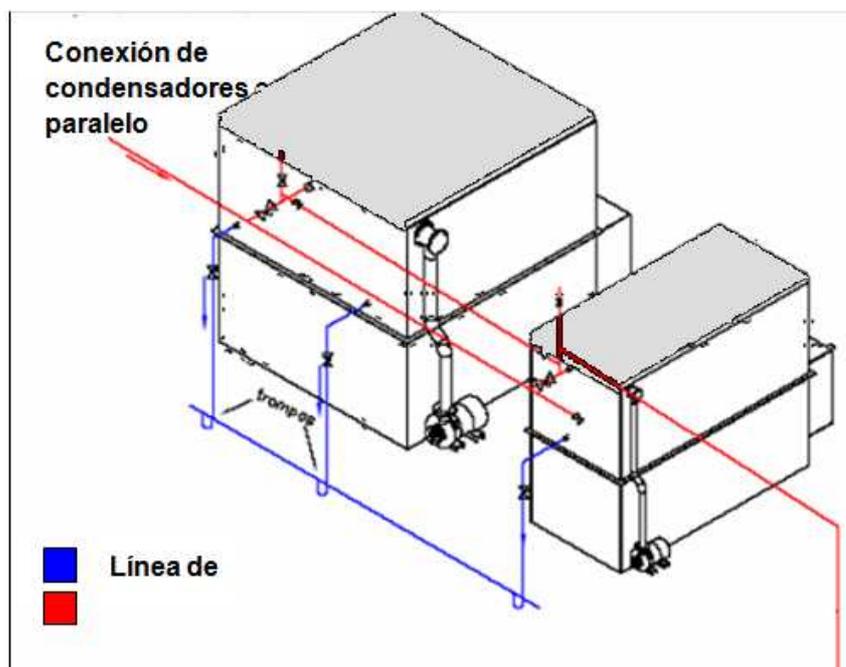


Figura 74. Trampas de Líquido

Los equipos deberán ser probados a 300 psi (23.0 Kg/cm²) de presión pero será responsabilidad del usuario el asegurarse que el equipo no presente fugas después de la instalación.

Así también asegúrese que el equipo no genere alta vibración y que esta no sea transmitida hacia la estructura, aislantes de vibración podrían ser requeridos.

5.3.1.7 COLOCACIÓN RECOMENDADA DE EVAPORADORES EN CUARTOS FRÍOS.

El tamaño y forma del almacén generalmente determinara el tipo y el número de evaporadores a usar y su ubicación.

Para la colocación de los evaporadores deberá seguirse las siguientes reglas generales:

- La dispersión del aire deberá cubrir la cámara completamente.
- NUNCA colocar los evaporadores sobre la puerta.
- La ubicación de anaqueles etc, deberá conocerse.
- La ubicación relativa al compresor debe ser para mínimos recorridos de tuberías.
- Ubicar la línea de drenado de los condensados para mínimos recorridos de tuberías.

Además, dejar un espacio igual al de la altura del evaporador entre la parte inferior de este y el producto. No apilar producto frente a los ventiladores. Los valores están dados en metros.

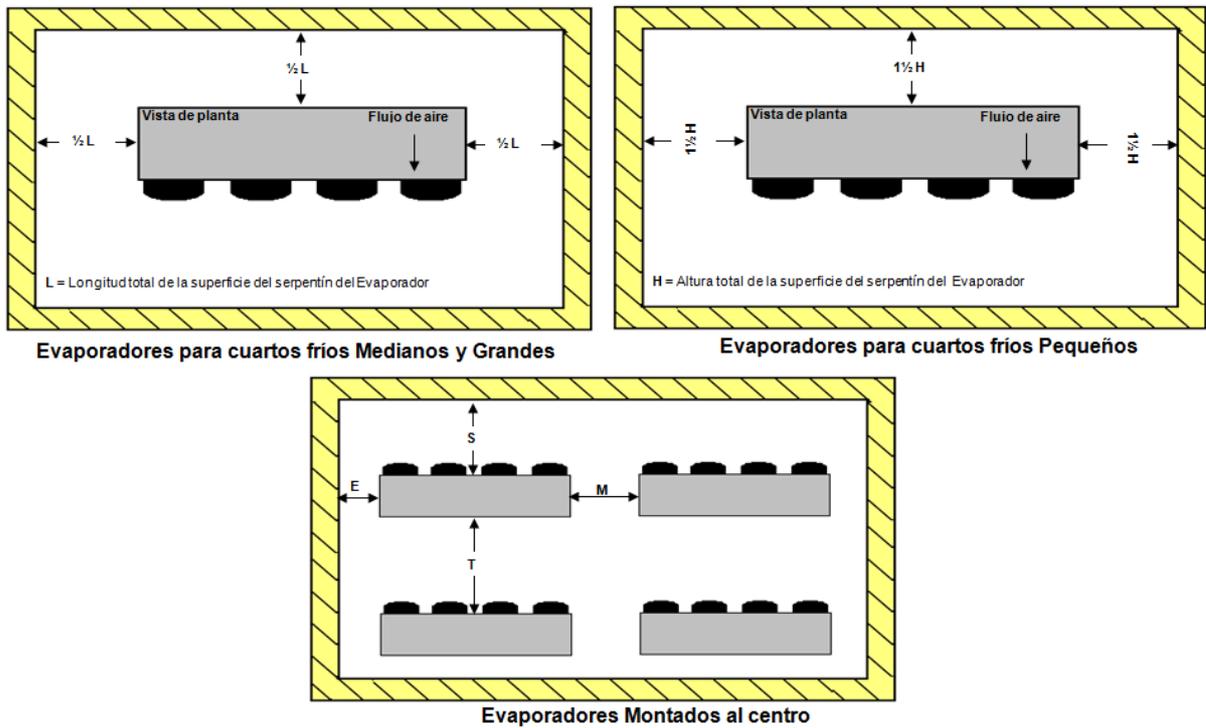


Figura 75. Espacios libres Mínimos en los Evaporadores

Tabla 28 Valores Maximos y Minimos recomendados para el Montaje de los Evaporadores.

E		S		M		T	
Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
7.6	0.6	6.1	0.9	12.2	0.9	12.2	1.8

La mayoría de los evaporadores pueden ser montados con soportes de barra, tornillos o pernos de acero inoxidable. Use pernos y arandelas de 5/16 de plg, o barras que soporten aproximadamente 250 lbs; 3/8 de plg, para 500 lbs; 5/8 de plg, para más de 500 lbs; tenga cuidado de montar los evaporadores a nivel para obtener el correcto drenado de los condensados. Proveer el apoyo adecuado para soportar el peso de los evaporadores.

Cuando se utilice soporte de barras, considerar un espacio adecuado entre la parte superior de la unidad y el techo para su limpieza. El area en la parte superior de la unidad debe ser sellada o expuesta de tal manera que facilite la limpieza manual sin el uso de herramientas.

Cuando sujete al techo el evaporador a través de anclas, selle la unión entre la parte superior y el techo, debe ser sellada para evitar la acumulacion de materias extrañas

5.4 ARRANQUÉ Y PARADA DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.

5.4.1 PREPARACIÓN PARA LA PUESTA EN MARCHA.

- Para que funcione automáticamente el compresor va provista de interruptores de seguridad y funcionamiento tales como presostátos, termostátos, etc. Los tipos y códigos varían según la utilización del compresor.
- Antes de la expedición del compresor, el cableado, manómetros e interruptores del panel del compresor son probados y regulados en fábrica.
- En funcionamiento totalmente automático, los arranqué, paradas y el control de capacidad se efectúan automáticamente.
 - En funcionamiento semiautomático, solo es manual el arranqué. En este último caso asegúrese de que es correcta la forma de arranqué del motor. En caso de arranqué directo es necesario si el motor y las líneas son capaces de soportarlo.
- Las conexiones internas de los contactores varían ligeramente según los fabricantes, de toda forma el cableado se hará de acuerdo al esquema eléctrico de modo que el resultado sea el mismo.

- En los motores medir la resistencia del aislamiento con un “megger” adecuado y comprobar que el valor está dentro de las normas. Hacer lo propio con el cableado.
- Verificar el circuito eléctrico incluyendo tablero y cableado en presencia del constructor del tablero eléctrico y así mismo del técnico que vaya a quedar a cargo de la instalación.

5.4.2 PRUEBAS DE PRESIÓN Y DESHIDRATACIÓN.

Después de terminar la instalación, tuberías y cableado eléctrico se debe llevar a cabo la prueba de estanqueidad. NO UTILIZAR EL COMPRESOR FRIGORÍFICO PARA ESTA PRUEBA. Utilizar un compresor de aire o nitrógeno a alta presión.

Si se realiza la prueba con aire normal podría producirse condensación del agua causando problemas. Cuando se utiliza nitrógeno a alta presión, no conectar la tubería directamente de la botella, sino que hay que intercalar un manorreductor entre ella y el compresor.

Al emplear freón para la prueba, colocar un filtro secador a la salida de la botella.

Insistimos en la no utilización del compresor frigorífico para comprimir aire ya que la temperatura de descarga aumenta, elevándose por encima del punto de descomposición del aceite causando agarrotamientos, explosiones, etc. Las presiones de prueba son las siguientes:

Tabla 29 Presión de los Refrigerantes

Refrigerante	Kg/cm ²	
	Lado de alta	Lado de baja
FREÓN 12	21	10.5
FREÓN 22		
AMONÍACO		

Cuando la presión alcanza los valores especificados, comprobar si existen fugas por cualquiera de los procedimientos usuales (solución jabonosa, lámpara detectora, etc.) si no se observan fugas, dejar bajo presión durante 24 horas, comprobando los descensos de presión. Tener siempre en cuenta que las variaciones de presión pueden ser debidas a cambios de la temperatura ambiente.

En el caso de los automatismos que pueden cerrar parte del circuito, como válvulas solenoides, válvulas de expansión termostáticas, etc., no olvidarse de mantener el circuito abierto, bien maniobrándolo eléctricamente o bien manualmente. Una vez finalizada la prueba de presión, deberá eliminarse la carga que tal efecto fue introducida, procurando efectuar la descarga por la parte mas baja con el fin de extraer el agua que pueda existir.

5.4.2.1 DETECCIÓN DE FUGAS DE REFRIGERANTE

Una de las operaciones que se realiza periódicamente en una instalación es la comparación de la estanqueidad del circuito de refrigerante. Esta comprobación que puede ser para una instalación ya en funcionamiento o para una puesta en servicio la podemos realizar según los casos de la siguiente manera:

- **Caso de Amoníaco:** Cargar un poco de amoníaco en el sistema elevando la presión hasta unos 5 o 6 Kg/cm². El método para detectar fugas de amoníaco en la tubería es el siguiente: se quema azufre cerca de la tubería pues la combustión de este elemento en contacto con el amoníaco despide un gas blanco. Si le acercamos un papel de prueba fenolftaleina, el papel se enrojece.

- **Caso de freón:**

- Carga una pequeña cantidad de freón. Aproximadamente de 3 a 4 Kg/cm²., ya que si la cantidad de refrigerante es demasiado pequeña no se podrá detectar la magnitud de la fuga con la lámpara de fugas.
- Una vez llenada esta carga, elevar la presión con nitrógeno hasta 14 Kg/cm²., y localizar la fuga con la lámpara.
- Las fugas en los lugares poco accesibles de las tuberías para las lámparas, pueden detectarse utilizando agua jabonosa o cualquier otra solución.
- Poner especial interés al inspeccionar las bridas. Es necesario abrir las válvulas de purga de agua y de aire y mirar con la lámpara.
- Una vez terminada la prueba, realizar un nuevo vacío descargando el gas por la válvula de purga que está colocada bajo la válvula de servicio en la descarga.

5.4.2.2 COMPROBACIÓN DE ESTANQUEIDAD Y DESHIDRATADO.

Utilizando una bomba de vacío y manteniendo las válvulas de servicio de la instalación abiertas, reducir hasta 4 mmHg. Si este vacío se mantiene durante ½ hora una vez parada la bomba, se prosigue el vacío hasta 5 mmHg momento en el cual se para la bomba manteniendo dicha parada aproximadamente por 1 hora. Si el vacío se conserva, hemos conseguido doble objetivo de comprobación de la estanqueidad y deshidratado. La existencia de agua en el sistema es el mayor problema de las instalaciones frigoríficas especialmente en las que utilizan freones como refrigerante.

Además se origina la congelación en las válvulas termostáticas, etc. Por otra parte, al elevarse la temperatura de la descarga a 135°C se forma ácido clorhídrico cuyos efectos corrosivos son de todos conocidos. Comprobaciones importantes.

- Un compresor se puede poner en funcionamiento tan pronto se realice la carga de refrigerante. En principio se recomienda llenar en lo posible todo el circuito de aceite antes de arrancar el compresor.
- Comprobar el sentido de giro del compresor y el motor antes de ponerlo en marcha. En el momento del arranqué del compresor, verificar cuidadosamente el aumento de la presión de aceite.
- Una vez que ha arrancado, ajustar la presión de aceite mediante la válvula de regulación mediante una llave de matraca. Verificar los aumentos de temperatura en todas las piezas y partes del compresor y motor, comprobando que todo funcione correctamente.
- Al hacer estas pruebas preliminares, el presostáto de baja deberá puentearse, pues sino el compresor no arrancará.
- Mantenga el mecanismo de descarga descargado.

5.4.2.2.1 CARGA DE REFRIGERANTE

La carga de refrigerante se hará de acuerdo con los métodos habituales utilizados por todos los montadores y técnicos frigoristas.

5.4.2.2 CAMBIO DE ACEITE

Al poner en funcionamiento una instalación, hay que tener especial cuidado sobre todo durante el primer mes ya que escorias, residuos, etc., que hay en el sistema, pueden introducirse en el compresor. Por lo tanto inspeccionar el filtro y cambiar el aceite de la forma siguiente:

Tabla 30 Cambios de Aceite Recomendados

Cambio de aceite	1°	2°	3°
Días después del arranqué	2	7	Al finalizar la puesta en marcha

5.4.3 ARRANQUÉ Y PARADAS

En los períodos de arranqué y paros cuando el sistema está en operación, dará como resultado presiones variables cuando el sistema empiece a controlar la carga las presiones se mantendrán equilibradas durante el funcionamiento. La parada eleva la temperatura del recinto a enfriar, cuando los ventiladores de los condensadores evaporativos se han detenido el equipo se apagará por alta presión de descarga. La parada del sistema se lo hará cumpliendo los procedimientos adecuados y una vez que se haya cubierto la necesidad requerida de frío.

5.4.3.3 ARRANQUE PARA OPERACIÓN DIARIA

Un arranque exitoso requiere de la preparación adecuada por parte del operador, del buen estado de los equipos y sistemas de apoyo. Mientras estos sistemas y equipos están diseñados

para cada instalación, todos sirven para una función similar y deben operar apropiadamente para apoyar las necesidades del sistema. Hay más de una forma correcta de arrancar o apagar los equipos de refrigeración. Sin embargo, si se establece una forma para cada operación, nos aseguramos que sea hecho correctamente en cada ocasión. Esto ayuda a prevenir errores cuando hay cambio de guardia y se está en medio de una operación.

Es necesario realizar una inspección previa al arranque del sistema de refrigeración entre los cuales tenemos:

- Camine alrededor de los equipos de refrigeración tanto en la sala de máquinas como en el área de proceso y verifique su integridad física, los equipos de soporte y componentes.
- Verifique que las válvulas de succión y descargas estén abiertas.
- Condensadores Evaporativos listos para arrancar el sistema.
- Sistema eléctrico en servicio.
- Todas las restricciones colocadas para el mantenimiento de los equipos retiradas y de vuelta a la normalidad.
- Bombas listas para arrancar en automático.
- Verificar la carga del sistema.(agua)

Los pasos para realizar el arranque del sistema es:

a) Determine el tipo de arranque requerido:

- Arranqué en frío, es cuando el sistema ha estado parado y sus componentes están a la temperatura ambiente y no han sido operados por un largo tiempo (Ejemplo: Por mantenimiento o para por fin de semana).

- Arranque en caliente, significa que el sistema y sus componentes han estado en operación reciente, de pasos previos para que el equipo obtenga la temperatura de operación.
- b) Determine el tiempo de funcionamiento que requiere el sistema para alcanzar la temperatura deseada para evitar consumos excesivos de energía.

Coloque el sistema de control del sistema en automático y comience el arranque. Energice el sistema de control y encienda el compresor en el modo de operación normal.

5.4.4 OPERACIÓN Y PARADA DE LOS EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN.

Todo equipo para su normal funcionamiento tiene parámetros establecidos (setpoint) para funcionar sin ningún inconveniente estos son; presión, temperatura, corriente, voltaje, es así que para cada uno de los equipos se tienen diferentes setpoint de arranqué, operación, parada, alarma y falla.

En la industria de la refrigeración en la actualidad los sistemas son Automatizados, controlados por una computadora, por lo que hay que programar el orden de arranqué de algunos de los elementos como son; Torres de Condensación, Bombas de amoníaco. Además se tienen sistemas comunes los que realizan el mismo trabajo para todos los sistemas como son Torres de Condensación y el Tanque Recibidor de Líquido. El arranque de los compresores se lo puede hacer en Auto Remoto (arranca y se controla automáticamente), Auto local (arranca en manual y se controla automáticamente) y Manual (arranca en manual y se controla manualmente.)

Tabla 31 Orden de Arranque

ORDEN DE ARRANQUE DE LOS CONDENSADORES			
Condensador 1 Bomba	1		
Condensador 2 Bomba	2	Setpoint arranque	11 kg/cm ²
Condensador 3 Bomba	3	Demora arranque	30 seg.
Condensador 1 Ventilador 1	4	Setpoint parada	10.5 kg/cm ²
Condensador 1 Ventilador 2	7	Demora parada	30 seg.
Condensador 2 Ventilador 1	5		
Condensador 2 Ventilador 2	8		
Condensador 3 Ventilador 1	6		
Condensador 3 Ventilador 2	9		

5.5 CÁMARA DE CONSERVACIÓN DE CONGELADO.

Las cámaras de conservación de congelado son las encargadas de mantener congelado el producto terminado por un periodo de 6 hasta 9 meses el tiempo máximo en el que caducará el producto. Para conseguir este objetivo las cámaras deben tener una temperatura promedio de -20°C y no tener desviaciones de temperaturas considerables, las cámaras de congelado se apagarán 8 horas y una sola vez por semana para realizar trabajos de mantenimiento.

Una vez arrancado el sistema de congelado el funcionamiento es el siguiente: tenemos prendida, el solenoide de succión y la solenoide líquido principal y de los evaporadores. La solenoide de líquido principal da paso para que la trampa de líquido se llene, hasta que el flotador de nivel bajo pegue y prenda la bomba de amoníaco, la bomba de amoníaco es la encargada de hacer recircular el líquido a través de los evaporadores, en ellos se realiza la

transferencia de calor del amoníaco con la carga del producto, pasa por el evaporador y retornar a la trampa de líquido en forma de gas y de allí es succionado por el compresor. El cambio de estado del amoníaco líquido a gas depende de la carga que se tenga en las cámaras y de esta dependerá la demanda de líquido, a medida que se realiza la transferencia de calor la temperatura de las cámaras bajan. Si la temperatura de la cámara es de -10°C la demanda de líquido será alta, en este caso el nivel del amoníaco en la trampa bajará y apagará la bomba de amoníaco hasta que el nivel bajo nuevamente pegue y estará así hasta que la temperatura de la cámara baje.

Si la temperatura de la cámara es de -22°C la demanda de refrigerante será baja o nula ya que llevo al seteo de apagado por temperatura, en ese instante se apaga la solenoide de líquido del evaporador, en este caso el nivel de amoníaco líquido puede subir al nivel de control en la trampa, cuando esto sucede el nivel de control apaga la solenoide de líquido principal impidiendo el ingreso de mas líquido a la trampa, pero deja la bomba de amoníaco prendida para evacuar ese líquido, cuando del nivel de control sube al nivel alto automáticamente apaga al compresor por seguridad, si del nivel de control baja al nivel bajo prende la solenoide de líquido principal y funciona normalmente. Otra causa por la que la trampa se pueda inundar es que la bomba de amoníaco no levante presión.

5.5.1 COMPONENTES DE LAS CÁMARAS DE CONSERVACIÓN DE CONGELADO

Las cámaras de conservación de congelado tienen los siguientes componentes:

- Compresor Reciprocante de doble etapa.
- Compresor de Tornillo (stand by)
- Condensador Evaporativo. (el mismo para todos los sistemas)
- Recibidor de Líquido. (el mismo para todos los sistemas)
- Válvulas Solenoides.
- Válvulas de Expansión Manual
- Intercooler (para el compresor reciprocante)
- Economizer (para el compresor de tornillo)
- Trampa de Líquido, con flotadores de nivel.
- Bombas de Amoníaco.
- Evaporadores.
- Bomba de Agua

Tabla 32 Parámetros de Funcionamiento del Compresor

PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL COMPRESOR			
		Reciprocante	Tornillo
Presión de succión de control	(S)	0.0 kg/cm ²	0.0 kg/cm ²
Presión de succión de corte	(L ₋)	-0.6 kg/cm ²	-0.4 kg/cm ²
Presión de succión de arranqué	(L ⁻)	0.2 kg/cm ²	0.1 kg/cm ²
Presión de descarga de corte	(H)	14 kg/cm ²	15 kg/cm ²
Presión de aceite	(O)	2 kg/cm ²	1.5 kg/cm ²
Diferencial de presión	(d)	0.2 kg/cm ²	
Tiempo de retardo	(t)	30 seg.	

Tabla 33 Parámetros de Funcionamiento Cámaras

PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS CAMARAS	
Temperatura de corte	-22 °C
Temperatura de arranqué	-18 °C
Temperatura de alarma	-12 °C

Tabla 34 Horarios de Descongelamientos

HORARIOS DE DESCONGELAMIENTOS			
CÁMARA #1	CÁMARA #2	CÁMARA #3	CÁMARA #4
01:00	03:00	05:00	07:00
09:00	11:00	13:00	15:00
17:00	19:00	21:00	23:00

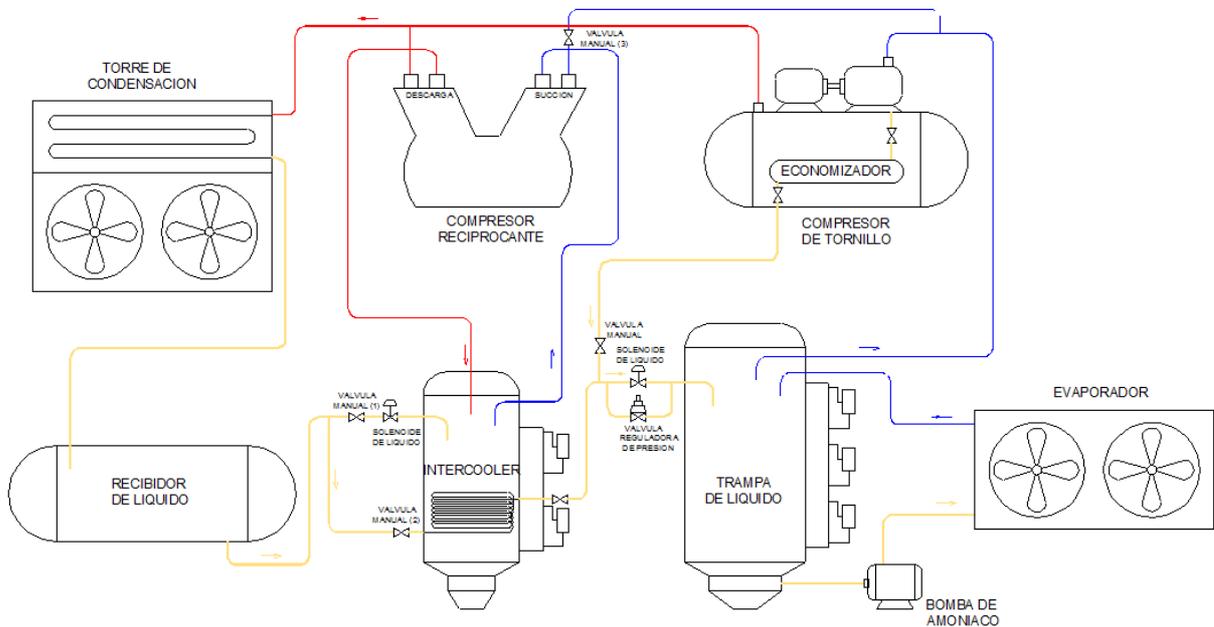


Figura 76. Sistema Conservación de Congelado

5.5.1.1 ARRANQUE DEL EQUIPO

- Probar en manual la bomba de agua para el enfriamiento del aceite, la bomba de agua de la torre de condensación, ventiladores de torre de condensación.

- b) Poner en automático la bomba de agua de enfriamiento de aceite, bomba de agua de la torre de condensación, ventiladores de la torre de condensación, bomba de amoníaco, y switch remoto del compresor.
- c) Abrir válvula manual (2) ingreso de líquido a la trampa de líquido.
- d) Poner en manual la válvula solenoide de líquido de congelado hasta que llene de líquido y pegue el primer nivel (para que arranqué el compresor).
- e) Arrancar la cámara que esté más cerca al descongelamiento, e inmediatamente vamos al compresor a abrir la válvula de succión (3) paulatinamente manteniendo una presión de succión de 0.0 kg/cm^2 , presión de aceite 2.9 kg/cm^2 , y el compresor trabajando al 33%.
- f) Poner la válvula solenoide de líquido de congelado en automático.
- g) Cargar paulatinamente.
- Mantenemos $0.0 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow 33 \%$ por 5 minutos.
 - Aumentamos $0.3 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow 67 \%$ regresamos y mantenemos en $0.0 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow 67 \%$ por 5 minutos.
 - Aumentamos $0.3 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow 100 \%$ regresamos y mantenemos en $0.0 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow 100$ hasta que las presiones se equilibren.

Todo esto se lo realizará abriendo gradualmente la válvula manual de succión, y observando la presión de descarga y la presión de aceite, además realizando tacto al cárter del compresor y comprobando que se esté calentado, ya que el objetivo de este procedimiento de arranqué es calentar el compresor y evitar el arranqué con presión elevada el cual puede desplazar el aceite de los componentes mecánicos y llegar a romperlos.

- h) Una vez arrancado el compresor procedemos a prender las demás cámaras observando siempre la presión de succión la misma que no debe exceder de 0.9 Kg/cm^2 .

- i) Abrir la válvula manual (1) y ponemos en automático la válvula solenoide de líquido del intercooler.
- j) Desbloquear los descongelamientos.

5.5.1.2 OPERACIÓN DEL EQUIPO

En todo sistema, los elementos de operación y de seguridad son susceptibles a daños inesperados, es por ello que el operador debe estar pendiente del funcionamiento del sistema y más aun debe saber reconocer un mal funcionamiento del mismo y atacar al verdadero causante del posible daño, las fallas más frecuentes son las del suministro eléctrico.

En operación normal del equipo las temperaturas de las cámaras serán óptimas, para verificar eso el operador debe revisar en el microprocesador del equipo la presión de descarga, presión de succión, presión de aceite, y determinar si están en los rangos permitidos caso contrario tomar acciones correctivas. Acciones que se debe realizar cuando el equipo se apague por falla, ya sea de suministro eléctrico, falla de elementos, etc.

- **Primero**, tomamos acciones en el área para evitar daños a los equipos.
 - a) Cerrar y/o apagar solenoide de ingreso de líquido a la trampa de y al intercooler para evitar que se inunden.
 - b) Si el equipo pasara apagado por más de 15 minutos cerrar la válvula manual del compresor.
 - c) Observar si esta cerca algún descongelamiento y bloquearlo.
 - d) Identificar donde fue y que provocó la falla.

- **Segundo**, tomamos acciones correctivas para poner nuevamente en funcionamiento nuestro sistema.
 - a) Si la falla fuese de la red eléctrica y no entran generadores revisar o resetear transferencia eléctrica.
 - b) Si la falla es de algún componente del sistema de refrigeración, cambiarlo lo más rápido posible para evitar una sobre presión en el sistema, porque hay que recordar que el equipo se paro inesperadamente y no se hizo vacío.
 - c) Si el equipo se paro o se lo apago por escuchar ruidos extraños, no volver a prenderlo hasta que no se dé con la falla, en este punto es importante la experiencia y la capacidad de interpretación del operador para determinar un funcionamiento anormal.

- **Tercero**, una vez solucionado el problema que ocasionó la parada del equipo, arrancarlo nuevamente tomando todas las precauciones necesarias.

5.5.1.3 PARADA DEL EQUIPO

- a) Bloquear los descongelamientos.
- b) Hacer vacío el intercooler cerrando la llave manual, hasta que el flotador de bajo nivel se abra, apagar la solenoide de líquido del intercooler.
- c) Hacer vacío a la Trampa de líquido cerrando la llave manual, se lo debe realizar por lo menos dos veces, ya que al hacerse vacío una vez queda líquido en la tubería del evaporador hacia la trampa porque es un tramo de tubería muy largo y es necesario vaciar la trampa para dejar lo menos presurizada posible.
- d) Apagamos el solenoide de líquido de la trampa.

- e) Esperamos que la presión de succión baje a 0.0 Kg/cm^2 para proceder a apagar las cámaras.
- f) Apagamos switch del compresor y cerramos la llave manual de succión de la segunda etapa, con el fin de que al arranque lo hagamos con válvula estrangulada.

5.5.2 BLAST FREEZER.

Estas cámaras son las encargadas de congelar 50 toneladas de producto (diseño) en un ciclo de 12 horas para luego ser almacenadas en las cámaras de conservación de congelado o para ser despachadas. El congelamiento de todo el producto, depende de la forma de acomodo del producto de tal forma que se deje los espacios correspondientes para el libre flujo del aire.

Una vez arrancado la o las cámaras de Blast Freezer el funcionamiento es el siguiente: tenemos prendida, el solenoide de succión y la solenoide líquido de los evaporadores y la solenoide de líquido principal.

La solenoide de líquido principal da paso para que la trampa de líquido se llene, hasta que el flotador de nivel bajo pegue y prenda la bomba de amoníaco, la bomba de amoníaco es la encargada de hacer recircular el líquido a través de los evaporadores, en ellos se realiza la transferencia de calor del amoníaco con la carga del producto.

Al inicio del ciclo el compresor se cargará al 100% y el variador de velocidad permanece en 60 Hz, es decir $100\% \rightarrow 60 \text{ Hz} \rightarrow 10 \text{ }^\circ\text{C}$, porque la carga en el sistema es grande, a medida que las cámaras van ganando temperatura el porcentaje de la válvula deslizante baja pero a su

vez también varía la frecuencia para mantener el compresor cargado al 100% es decir 40Hz
→ 100% → -24°C.

Si la temperatura de la cámara es de 10°C la demanda de líquido será alta, en este caso el nivel del amoníaco en la trampa bajará y apagará la bomba de amoníaco hasta que el nivel bajo nuevamente pegue y estará así hasta que la temperatura de la cámara baje.

Este sistema tiene incorporado un by pass desde antes de la válvula solenoide de líquido principal hasta la descarga de las bombas de amoníaco, la cual se abre una vuelta al inicio del ciclo y se la cierra cuando las cámaras tienen una temperatura de -15°C en adelante. Otra forma de controlar el líquido de la trampa es mandar a descongelamiento los evaporadores uno por uno apenas inicia el ciclo.

Si la temperatura de la cámara es de -26°C la demanda de refrigerante será baja, y en ese instante no se puede mandar a descongelamiento los evaporadores porque puede inundarse de líquido la trampa. Si la trampa se llena, el nivel alto apaga el compresor, se debe cerrar la válvula manual de la succión del compresor para arrancarlo con válvula estrangulada para evitar daños al compresor. Otra causa por la que la trampa se pueda inundar es que la bomba de amoníaco no levante presión.

5.5.2.1 COMPONENTES DE LAS CÁMARAS DE BLAST FREEZER.

Las cámaras de Blast Freezer tienen los siguientes componentes:

- Compresor de Tornillo.
- Condensador Evaporativo. (el mismo para todos los sistemas)
- Recibidor de Líquido. (el mismo para todos los sistemas)
- Válvulas Solenoides.
- Válvulas de Expansión Manual
- Trampa de Líquido, con flotadores de nivel.
- Bombas de Amoníaco.
- Evaporadores.
- Bomba de Agua.
- Bomba de aceite.

Tabla 35 Parámetros de Funcionamiento del Compresor

PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL COMPRESOR		
Presión de succión de control	(S)	-0.10 kg/cm ²
Presión de succión de corte	(L ₋)	-0.75 kg/cm ²
Presión de succión de arranqué	(L ⁻)	0.00 kg/cm ²
Presión de descarga de corte	(H)	15 kg/cm ²
Presión de aceite	(O)	1.5 kg/cm ²

Tabla 36 Parámetros de Funcionamiento de las Cámaras

PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE LAS CÁMARAS	
Temperatura de corte	-32 °C
Temperatura de arranqué	-30 °C
Temperatura de alarma	20 °C

Tabla 37 Tiempos de Descongelamientos

TIEMPO DE DESCONGELAMIENTOS	
Recoger líquido	10 min.
Gas caliente	20 min.

Tabla 38 Orden de Arranque de las Bombas de Líquido.

BOMBAS DE AMONIACO					
Orden de arranque.					
Tanque de baja BF	1	2	Retardo nivel bajo	10	seg.
Arranque	0.0	kg/cm ²	Retardo al Arranque	30	seg.
Parada	0.0	kg/cm ²	Retardo a la Parada	30	seg.

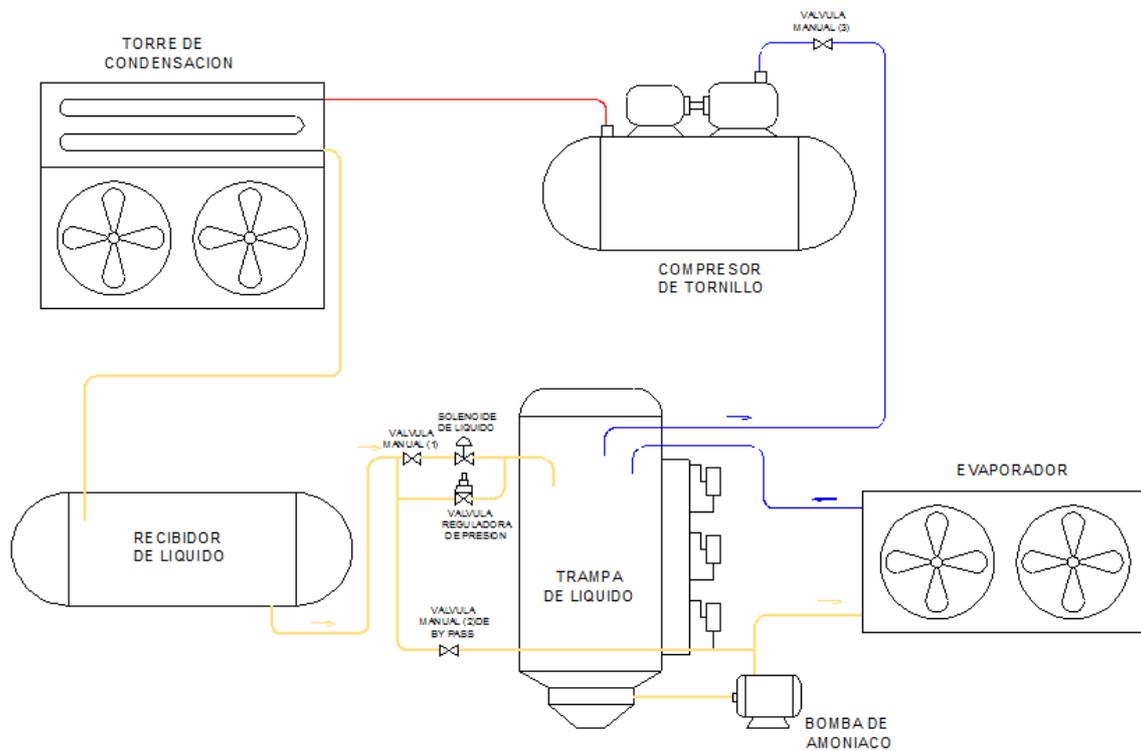


Figura 77. Sistema Blast Freezer

5.5.2.2 ARRANQUE DEL EQUIPO

1. Probar en manual la bomba de agua de enfriamiento del aceite, la bomba de agua de la torre de condensación, ventiladores de torre de condensación.

2. Poner en automático la bomba de agua de enfriamiento de aceite, la bomba de agua de la torre de condensación, ventiladores de la torre de condensación, bomba de aceite, solenoide de líquido, bomba de amoníaco, revisar que este prendido el variador de velocidad y en 60 Hz, poner en Auto remoto el compresor y habilitar el permiso de arranque.
3. Prender evaporadores desde el panel remoto de las cámaras, el compresor arranca.
4. Observar si la bomba de amoníaco se prendió y levanto presión, caso contrario cerrar solenoide de líquido hasta que la bomba de amoníaco levante presión.
5. Realizar descongelamiento a evaporadores uno por uno.

5.5.2.3 OPERACIÓN DEL EQUIPO.

Las fallas más frecuentes e impredecibles son las del suministro eléctrico, además el operador debe revisar en el microprocesador del equipo todos los parámetros de funcionamiento y determinar si están en los rangos permitidos.

Un buen funcionamiento de las cámaras de blast freezer se ve reflejado en buenas temperaturas de las cámaras. Acciones que se debe realizar cuando el equipo se apague por falla, ya sea de suministro eléctrico, falla de elementos, etc.

- **Primero**, tomamos acciones en el área para evitar daños a los equipos.
 - a) Cerrar y/o apagar válvula solenoide de ingreso de líquido.
 - b) Observar si los evaporadores están en descongelamiento y bloquearlo.

- **Segundo**, tomamos acciones correctivas para poner nuevamente en funcionamiento nuestro sistema.
 - a) Si la falla fuese de la red eléctrica y no entran generadores revisar o resetear transferencia eléctrica.
 - b) Revisar si la falla es en el variador de velocidad, cambiar elementos dañado.
 - c) Si la falla es de algún componente del sistema de refrigeración, cambiarlo lo más rápido posible para evitar una sobre presión en el sistema, porque hay que recordar que el equipo se paro inesperadamente y no se hizo vacío.
 - d) Si el equipo se paró o se lo apagó por nivel alto de líquido, cerrar válvula manual de succión del compresor, prender en manual las cámaras del blast freezer, bomba de amoníaco, bomba de agua, bomba de aceite e ir cargando paulatinamente el compresor y abrir lentamente la válvula de succión del compresor para lograr expandir el líquido antes que ingrese al compresor un síntoma que existe líquido en el compresor es que el aceite se empieza a emulsionar, la válvula de succión se abrirá en su totalidad cuando el nivel de líquido haya bajado al nivel bajo.
 - e) Si la falla es del PLC y el compresor no quiere arrancar en auto remoto, arrancar de inmediato en manual.

- **Tercero**, una vez solucionado el problema que ocasionó la parada del equipo, arrancarlo nuevamente tomando todas las precauciones necesarias.

5.5.2.4 PARADA DEL EQUIPO

1. Apagar la válvula solenoide de líquido, 1 hora antes de que cumpla el ciclo.

2. Si los evaporadores se prendieron en Automático se apagarán después de cumplir el ciclo y si se prendieron en Manual apagarlos desde el computador, después de 5 minutos se apagará el compresor.
3. Si se prendió el compresor en Manual y los evaporadores en automático o manual, después de apagar los evaporadores, descargar el compresor hasta el 0% y apagarlo después de 5 minutos que ha cumplido el ciclo.

5.5.3 MÁQUINA DE HIELO.

La máquina de hielo es la encargada de proporcionar hielo para el enfriamiento del proceso de inyección de vitaminas a las aves. Una vez arrancado el sistema de la máquina de hielo el funcionamiento es el siguiente: tenemos prendida la bomba de agua para hacer el hielo (20 Psi), la solenoide líquido.

El solenoide de líquido da paso para que la válvula de expansión termostática suministre la cantidad requerida de líquido para realizar el congelamiento del agua. El ciclo es controlado por un PLC el cual da la orden para realizar hielo en 12 minutos después de este tiempo se prende la válvula solenoide de gas caliente y realiza el defrost, desprendiendo el hielo de los evaporadores que caen al transportador que los lleva a la tina de hielo. Como en el transcurso de los 12 minutos existe líquido que no se evapora, en el defrost ese líquido va a la trampa de succión. Este sistema posee un tanque de transferencia de líquido el cual también es controlado por un PLC, cuando el flotador de nivel pega da la orden de prender la válvula de tres vías por 6 minutos, dejando ingresar gas caliente y transfiriendo el líquido del tanque directamente al tanque de alta, transcurrido los 6 minutos la válvula de tres vías se apaga

abriendo la vía de la succión a la trampa para de esta manera liberar la presión de gas caliente que hay en el tanque. La máquina de hielo no se prendera si la presión de agua es baja o no hay agua.

5.5.3.1 COMPONENTES DE LA MÁQUINA DE HIELO.

La máquina de hielo tienen los siguientes componentes:

- Compresor de Reciprocante.
- Condensador Evaporativo. (el mismo para todos los sistemas)
- Recibidor de Líquido. (el mismo para todos los sistemas)
- Válvulas Solenoides.
- Válvulas de Expansión Termostática.
- Trampa de Succión.
- Tanque de transferencia.
- Evaporador Inundado.
- Bombas de Agua.
- Tina de hielo.

Tabla 39 Parámetros de Funcionamiento de los Compresores

PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DEL COMPRESOR		
Presión de succión de control	(S)	1.0 kg/cm ²
Presión de succión de corte	(L ₋)	0.0 kg/cm ²
Presión de succión de arranqué	(L ⁻)	0.5 kg/cm ²
Presión de descarga de corte	(H)	15 kg/cm ²
Presión de aceite	(OP)	2 kg/cm ²
Diferencial de presión	(d)	0.2 kg/cm ²
Tiempo de retardo	(t)	15 seg.

Tabla 40 Parámetros de Funcionamiento de la Máquina de Hielo

PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA DE HIELO	
Tiempo de hacer hielo	12 min.
Tiempo de defrost	30 seg.
Tiempo de transferencia	6 min.

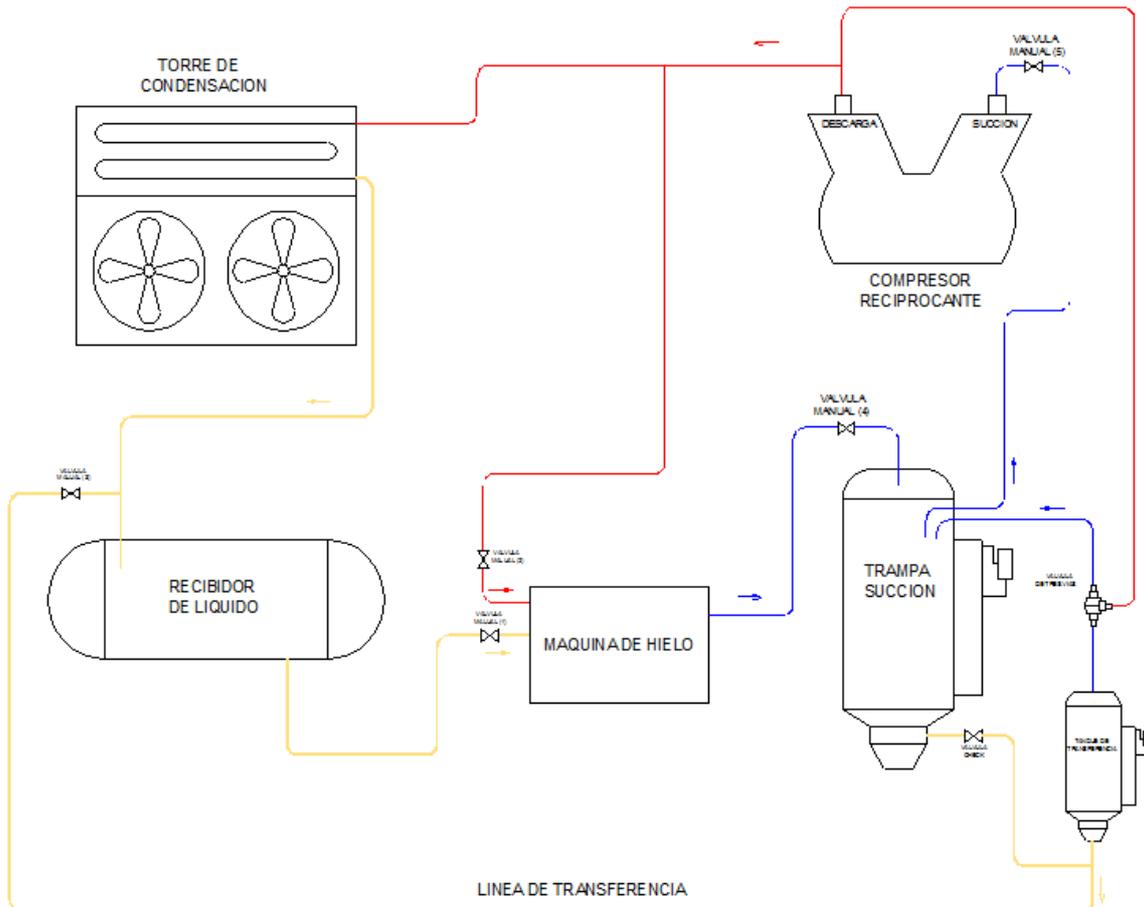


Figura 78. Sistema Máquina de Hielo

5.5.3.2 COMPONENTES DE LA MÁQUINA DE HIELO.

1. Probar en manual la bomba de agua de enfriamiento del aceite, la bomba de agua de la torre de condensación, la bomba de agua de la máquina de hielo, ventiladores de torre de condensación.

2. Poner en automático la bomba de agua de enfriamiento de aceite, la bomba de agua de la torre de condensación, bomba de agua de la máquina de hielo, ventiladores de la torre de condensación, Switch de compresor.
3. Abrir válvula de agua de la Máquina de Hielo.
4. Abrir la válvula manual de la línea de transferencia de líquido.
5. Abrir la válvula manual de líquido.
6. Abrir la válvula manual de gas caliente.
7. Prender la Máquina de Hielo.

5.5.3.3 OPERACIÓN DEL EQUIPO

Las fallas más frecuentes e impredecibles son las del suministro eléctrico, y en este equipo es muy peligroso ya que la máquina de hielo y la válvula de líquido principal están ubicadas en la parte de arriba de la planta y un fallo del compresor a consecuencia del suministro eléctrico puede causar daños graves.

Un buen funcionamiento de la máquina de hielo asegura la producción constante de hielo para el proceso. Acciones que se debe realizar cuando el equipo se apague por falla, ya sea de suministro eléctrico, falla de elementos, etc.

- **Primero**, tomamos acciones en el área para evitar daños a los equipos.
 1. Cerrar y/o apagar solenoide de ingreso de líquido para evitar que se inunden la trampa de succión.

2. Si el equipo pasara apagado por más de 15 minutos cerrar la válvula manual (3) del compresor.
 3. Identificar donde fue y que provoco la falla.
- **Segundo**, tomamos acciones correctivas para poner nuevamente en funcionamiento nuestro sistema.
 1. Si la falla fuese de la red eléctrica y no entran generadores revisar o reset transferencia eléctrica.
 2. Revisar si la falla es el arrancador suave, reset falla o cambiar parámetros.
 3. Si la falla es de algún componente del sistema de refrigeración, cambiarlo lo más rápido posible para evitar una sobre presión en el sistema, porque hay que recordar que el equipo se paro inesperadamente y no se hizo vacío.
 4. Si el equipo se paro o se lo apago por nivel alto de líquido, cerrar válvula manual de succión del compresor, prender el compresor en manual y despresurizar la trampa.
 - **Tercero**, una vez solucionado el problema que ocasionó la parada del equipo, arrancarlo nuevamente tomando todas las precauciones necesarias.

5.5.3.4 PARADA DEL EQUIPO

- a) Cerrar válvula manual de ingreso de líquido, para hacer vacío.
- b) Espero que realice 1 o 2 transferencias automáticas para dejar sin líquido al tanque de transferencia, si es necesario realizar una transferencia manual.
- c) Cierro válvula manual de gas caliente.

- d) Despresurizó línea de gas caliente realizando un defrost manual, cuando esto se realiza debe asegurarse que el compresor este prendido caso contrario la presión no bajará.
- e) Apago la Máquina de Hielo.
- f) Cierra válvula de agua de la Máquina de Hielo.

CAPÍTULO VI

6. MANTENIMIENTO

El mantenimiento constituye un sistema dentro de toda organización industrial cuya función consiste en ajustar, reparar, reemplazar o modificar los componentes de una planta industrial para que la misma pueda operar satisfactoriamente en cantidad/calidad durante un período dado. Además, la cantidad de mantenimiento está relacionada con el uso de los equipos en el tiempo, por la carga y manejo de los mismos

En este sentido, muchas plantas trabajan sobre una base de mantenimiento de paro (correctivo), lo que significa que al equipo se le permite funcionar hasta el fallo, antes de ser reparado o sustituido. Este tipo de mantenimiento requiere poca planificación, pero produce una utilización ineficiente de los trabajadores.

En este contexto, el hacer mantenimiento con un concepto actual no implica reparar equipo roto tan pronto como se pueda sino mantener el equipo en operación a los niveles especificados.

En consecuencia, un buen mantenimiento no consiste en realizar el trabajo equivocado en la forma más eficiente; su primera prioridad es prevenir fallas y, de este modo reducir los riesgos de paradas imprevistas. Aquí, es donde aparece el mantenimiento preventivo combinando el análisis predictivo y pruebas técnicas para determinar la frecuencia de la revisión general o de la inspección parcial, así como de la reparación o sustitución de elementos para maximizar el tiempo operativo y eliminar trabajo innecesario de desmontaje

general, basado sólo en pruebas frecuentes. Algunos trabajos de inspección normalmente son utilizados como punto de partida para el programa de trabajo o de mantenimiento preventivo.

Con el advenimiento del diagnóstico monitorizado en línea, el mantenimiento predictivo es ahora un método aceptado de control de costes de mantenimiento, mediante la monitorización de los parámetros críticos de las máquinas y variables de proceso, como las de servicio cíclico, y después comparar estos resultados de lecturas pasadas o con las lecturas iniciales básicas.

Los cambios que afectan a la eficiencia o producción pueden así reconocerse y el mantenimiento, puede ser llevado a cabo para dirigir los resultados hacia las lecturas de referencia de la línea.

6.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN

El mantenimiento preventivo en una planta industrial de refrigeración tiene como principio fundamental proteger al personal y evitar daños del equipo, que puedan conducir a costosas reparaciones y pérdidas de capacidad productiva.

De hecho, el mantenimiento preventivo dirigido específicamente a mantener la eficiencia del sistema ha sido una excepción más que una regla. Pero el aumento de costes del refrigerante (amoníaco) ha colocado y otorgado un énfasis creciente al mantenimiento consciente, que es necesario para mantener los rendimientos elevados. Estas prácticas de mantenimiento

preventivo se justifican fácilmente sobre una base económica.

El mantenimiento de un sistema de refrigeración relacionado con la eficiencia, es el que está dirigido a corregir cualquier condición que aumente el coste del refrigerante requerido para generar una cantidad dada de energía calorífica. Así, para una carga específica de refrigeración, cualquier condición que lleve a un aumento en:

- Temperatura de condensación.
- Cantidad de refrigerante.
- Pérdidas de convección por radiación del exterior de las cámaras, conducto o tuberías.
- Tasas de purga, se considera un ítem relacionado con la eficiencia de mantenimiento.

Generalmente, la atención a tales ítems también puede evitar más consecuencias serias que pudieran causar daños al equipo o al personal.

Además, las tareas de mantenimiento preventivo se planifican para minimizar la aparición de depósitos de impurezas que poco a poco se acumulan sobre las superficies de transferencia térmica, disminución del metal comido por la corrosión, reducción del espesor de los tubos por la erosión, los aumentos y bajadas térmicas (cíclicas) produce la aparición de grietas, las tensiones debidas a la presión y variación térmica afectan a la capacidad del metal para resistir los esfuerzos, y así toda una serie de problemas operativos similares tienen lugar debido al desgaste y corrosión de los equipos.

6.2 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El plan de mantenimiento preventivo es el medio que tiene toda empresa para conservar operable con el debido grado de eficiencia y eficacia su activo fijo. Engloba al conjunto de actividades necesarias para:

- Mantener una instalación o equipo en funcionamiento,
- Restablecer el funcionamiento del equipo en condiciones predeterminadas.

El plan de mantenimiento se basa en el control de condición de los equipos que se realiza mediante el uso de los sentidos complementado con el empleo de procedimientos técnicos. En su mayoría, estos procedimientos comprenden una actividad directa de medición o indirecta, lo que puede significar un ensayo de funcionamiento o la observación de una disfunción.

6.2.1 ESTRUCTURACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

La mayoría de los problemas de los sistemas de refrigeración pueden minimizarse con el establecimiento de un plan de mantenimiento. La operación segura de los equipos de refrigeración requiere el establecimiento de una gestión fiable de seguridad, eficacia, continuidad de la operación, esto requiere un soporte de gestión de los operadores y personal de mantenimiento para corregir los problemas de planta a medida que aparezcan. La integridad y duración de los componentes de un sistema de refrigeración, dependen totalmente de la forma como es operada. Durante la operación, funciones específicas pueden ser llevadas a cabo para asegurar la vida útil de cualquier equipo. alguna de estas funciones se hace

cuando los equipos están en operación, mientras que otras requieren sacar los equipos de servicio

En un principio, y principalmente en equipos nuevos, los manuales del fabricante son el punto de partida para elaborar el plan de mantenimiento, pero luego este se transforma en un documento “vivo”, es decir, está abierto a modificaciones durante todo el tiempo de vida útil del equipo, las mismas que pueden variar en función de las condiciones de funcionamiento, experiencia de los operarios o ciertas modificaciones en los equipos.

PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

COD.	DESCRIPCIÓN EQUIPO	PUNTO MTTO	DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD	FREC. SEMANAS	FREC. HORAS
CABF01	BLAST FREEZER # 1	RESISTENCIAS PUERTAS	REVISIÓN	12	0
		PUERTAS-CERRADURAS	LIMPIEZA-PINTURA	26	0
		PROTECCIONES	PINTURA- REVISAR ANCLAJE	26	0
		PANELES	INSPECCIÓN SELLADO JUNTAS	16	0
		SENSORES - CONTROLADOR T°	REVISIÓN CONEXIONES - PROGRAMACIÓN - VERIFICAR FUNCIONAMIENTO	13	0
CABF02	BLAST FREEZER # 2	PUERTAS: RESISTENCIAS	REVISIÓN	12	0
		PUERTAS-CERRADURAS	LIMPIEZA-PINTURA	26	0
		PROTECCIONES	PINTURA- REVISAR ANCLAJE	26	0
		PANELES	INSPECCIÓN SELLADO JUNTAS	16	0
		SENSORES - CONTROLADOR T°	REVISIÓN CONEXIONES - PROGRAMACIÓN - VERIFICAR FUNCIONAMIENTO	13	0
CACCO1	CÁMARA CONGELADO #1	PUERTAS: RESISTENCIAS	REVISIÓN	12	0
		PUERTAS-CERRADURAS	LIMPIEZA-PINTURA	26	0
		ALVIADOR DE PRESIÓN	INSPECCIÓN FUNCIONAMIENTO	2	0
		CORTINAS PLÁSTICAS	REVISIÓN-REPARACIÓN	4	0
		SENSORES - CONTROLADOR T°	REVISIÓN CONEXIONES - PROGRAMACIÓN - VERIFICAR FUNCIONAMIENTO	13	0
CACCO2	CÁMARA CONGELADO #2	PUERTAS: RESISTENCIAS	REVISIÓN	12	0
		PUERTAS-CERRADURAS	LIMPIEZA-PINTURA	26	0
		ALVIADOR DE PRESIÓN	INSPECCIÓN FUNCIONAMIENTO	2	0
		CORTINAS PLÁSTICAS	REVISIÓN-REPARACIÓN	4	0
		SENSORES - CONTROLADOR T°	REVISIÓN CONEXIONES - PROGRAMACIÓN - VERIFICAR FUNCIONAMIENTO	13	0
CACCO3	CÁMARA CONGELADO #3	PERTAS: RESISTENCIAS	REVISIÓN	12	0
		PUERTAS-CERRADURAS	LIMPIEZA-PINTURA	26	0
		ALVIADOR DE PRESIÓN	INSPECCIÓN FUNCIONAMIENTO	2	0
		CORTINAS PLÁSTICAS	REVISIÓN-REPARACIÓN	4	0
		SENSORES - CONTROLADOR T°	REVISIÓN CONEXIONES - PROGRAMACIÓN - VERIFICAR FUNCIONAMIENTO	13	0
CACCO4	CÁMARA CONGELADO #4	PERTAS: RESISTENCIAS	REVISIÓN	12	0
		PUERTAS-CERRADURAS	LIMPIEZA-PINTURA	26	0
		ALVIADOR DE PRESIÓN	INSPECCIÓN FUNCIONAMIENTO	2	0

		CORTINAS PLÁSTICAS	REVISIÓN-REPARACIÓN	4	0
		SENSORES - CONTROLADOR T°	REVISIÓN CONEXIONES - PROGRAMACIÓN - VERIFICAR FUNCIONAMIENTO	13	0
CACF01	CÁMARA DE FRESCO #1	PUERTAS	REVISIÓN	12	0
		PUERTAS-CERRADURAS	LIMPIEZA-PINTURA	26	0
		SENSORES - CONTROLADOR T°	REVISIÓN CONEXIONES - PROGRAMACIÓN - VERIFICAR FUNCIONAMIENTO	13	0
CACF02	CÁMARA DE FRESCO #2	PUERTAS	REVISIÓN	12	0
		PUERTAS-CERRADURAS	LIMPIEZA-PINTURA	26	0
		SENSORES - CONTROLADOR T°	REVISIÓN CONEXIONES - PROGRAMACIÓN - VERIFICAR FUNCIONAMIENTO	13	0
CASE01	SISTEMA EVAPORADORES BLAST FREEZER #1	MOTO VENTILADORES	LIMPIEZA-PINTURA	52	0
		MOTO VENTILADORES	OVERHAULL	104	0
		MOTORES	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	12	0
		LÍNEAS DE REFRIGERANTE	INSPECCIÓN FUGAS	8	0
		VALV. TUBERÍAS SOPORTES	LIMPIEZA-PINTURA	12	0
		SIST. DEFROST-RESISTENCIAS	INSPECCIÓN- ARREGLO	4	0
		ELECTROVÁLVULAS	REVISIÓN-CAMBIO	6	0
		EVAPORADORES Y BANDEJAS	LIMP. INTERNA-EXTERNA	16	0
CASE02	SISTEMA EVAPORADORES BLAST FREEZER #2	MOTO VENTILADORES	LIMPIEZA-PINTURA	52	0
		MOTO VENTILADORES	OVERHAULL	104	0
		MOTORES	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	12	0
		LÍNEAS DE REFRIGERANTE	INSPECCIÓN FUGAS	8	0
		EVAPORADORES Y BANDEJAS	LIMP. INTERNA-EXTERNA	16	0
		M. VALV. TUBERÍAS SOPORTES	LIMPIEZA-PINTURA	12	0
		SIST. DEFROST-RESISTENCIAS	INSPECCIÓN- ARREGLO	4	0
		ELECTROVÁLVULA.	REVISIÓN-CAMBIO	6	0
CASE03	SISTEMA EVAPORADORES CÁMARA CONGELADO #1	MOTO VENTILADORES	LIMPIEZA-PINTURA	52	0
		MOTO VENTILADORES	OVERHAULL	104	0
		MOTORES	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	12	0
		LÍNEAS DE REFRIGERANTE	INSPECCIÓN FUGAS	8	0
		M. VALV. TUBERÍAS SOPORTES	LIMPIEZA-PINTURA	12	0
		SIST. DEFROST-RESISTENCIAS	INSPECCIÓN- ARREGLO	4	0
		ELECTROVÁLVULAS	REVISIÓN-CAMBIO	6	0
CASE04	SISTEMA EVAPORADORES CÁMARA CONGELADO #2	MOTO VENTILADORES	LIMPIEZA-PINTURA	52	0
		MOTO VENTILADORES	OVERHAULL	104	0
		MOTORES	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	12	0
		LÍNEAS DE REFRIGERANTE	INSPECCIÓN FUGAS	8	0
		M. VALV. TUBERÍAS SOPORTES	LIMPIEZA-PINTURA	12	0
		SIST. DEFROST-RESISTENCIAS	INSPECCIÓN- ARREGLO	4	0
		ELECTROVÁLVULAS	REVISIÓN-CAMBIO	6	0
CASE05	SISTEMA EVAPORADORES CÁMARA CONGELADO #3	MOTO VENTILADORES	LIMPIEZA-PINTURA	52	0
		MOTO VENTILADORES	OVERHAULL	104	0
		MOTORES	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	12	0
		LÍNEAS DE REFRIGERANTE	INSPECCIÓN FUGAS	8	0
		M. VALV. TUBERÍAS SOPORTES	LIMPIEZA-PINTURA	12	0
		SIST. DEFROST-RESISTENCIAS	INSPECCIÓN- ARREGLO	4	0
		ELECTROVÁLVULAS	REVISIÓN-CAMBIO	6	0
CASE06	SISTEMA EVAPORADORES CÁMARA CONGELADO #4	MOTO VENTILADORES	LIMPIEZA-PINTURA	52	0
		MOTO VENTILADORES	OVERHAULL	104	0
		MOTORES	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	12	0
		LÍNEAS DE REFRIGERANTE	INSPECCIÓN FUGAS	8	0
		M. VALV. TUBERÍAS SOPORTES	LIMPIEZA-PINTURA	12	0
		SIST. DEFROST-RESISTENCIAS	INSPECCIÓN- ARREGLO	4	0

		ELECTROVÁLVULAS	REVISIÓN-CAMBIO	6	0
CASE07	SISTEMA EVAPORADORES CÁMARA DE FRESCO #1	MOTO VENTILADORES	LIMPIEZA-PINTURA	52	0
		MOTO VENTILADORES	OVERHAULL	104	0
		MOTORES	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	12	0
		LÍNEAS DE REFRIGERANTE	INSPECCIÓN FUGAS	8	0
		EVAPORADORES Y BANDEJAS	LIMP. INTERNA-EXTERNA	16	0
		M. VALV. TUBERÍAS SOPORTES	LIMPIEZA-PINTURA	12	0
		SIST. DEFROST-RESISTENCIAS	INSPECCIÓN- ARREGLO	4	0
		ELECTROVÁLVULA.	REVISIÓN-CAMBIO	6	0
CASE08	SISTEMA EVAPORADORES CÁMARA DE FRESCO #2	MOTO VENTILADORES	LIMPIEZA-PINTURA	52	0
		MOTO VENTILADORES	OVERHAULL	104	0
		MOTORES	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	12	0
		LÍNEAS DE REFRIGERANTE	INSPECCIÓN FUGAS	8	0
		EVAPORADORES Y BANDEJAS	LIMP. INTERNA-EXTERNA	16	0
		M. VALV. TUBERÍAS SOPORTES	LIMPIEZA-PINTURA	12	0
		SIST. DEFROST-RESISTENCIAS	INSPECCIÓN- ARREGLO	4	0
		ELECTROVÁLVULA.	REVISIÓN-CAMBIO	6	0
CASE09	SISTEMA EVAPORADORES PRECÁMARA	MOTO VENTILADORES	LIMPIEZA-PINTURA	52	0
		MOTO VENTILADORES	OVERHAULL	104	0
		MOTORES	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	12	0
		LÍNEAS DE REFRIGERANTE	INSPECCIÓN FUGAS	8	0
		EVAPORADORES Y BANDEJAS	LIMP. INTERNA-EXTERNA	16	0
		M. VALV. TUBERÍAS SOPORTES	LIMPIEZA-PINTURA	12	0
		PURGAS	PURGAR	4	0
		ELECTROVÁLVULA.	REVISIÓN-CAMBIO	6	0
CASE10	SISTEMA EVAPORADORES DE PALLETIZADO	MOTO VENTILADORES	LIMPIEZA-PINTURA	52	0
		MOTO VENTILADORES	OVERHAULL	104	0
		MOTORES	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	12	0
		LÍNEAS DE REFRIGERANTE	INSPECCIÓN FUGAS	8	0
		EVAPORADORES Y BANDEJAS	LIMP. INTERNA-EXTERNA	16	0
		M. VALV. TUBERÍAS SOPORTES	LIMPIEZA-PINTURA	12	0
		PURGAS	PURGAR	4	0
		ELECTROVÁLVULA.	REVISIÓN-CAMBIO	6	0
RECD01	TORRE CONDENSACIÓN # 1	MOTOBOMBA	REEMPLAZAR/OVERHAULL (SALVO MCA O VIBRACIONES)	52	0
		MOTOBOMBA	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	8	0
		MOTOBOMBA	CAMBIO DE SELLO MECÁNICO	52	0
		MOTO VENTILADOR 1 (DOBLE)	REEMPLAZAR/OVERHAULL (SALVO MCA O VIBRACIONES)	52	0
		MOTO VENTILADOR 1 (DOBLE)	CAMBIO DE RODAMIENTOS DE CHUMACERAS SALVO REPORTE VIBRACIONES	52	0
		MOTO VENTILADOR 1 (DOBLE)	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	8	0
		MOTO VENTILADOR 2	REEMPLAZAR/OVERHAULL (SALVO MCA O VIBRACIONES)	52	0
		MOTO VENTILADOR 2	CAMBIO DE RODAMIENTOS DE CHUMACERAS SALVO REPORTE VIBRACIONES	52	0
		MOTO VENTILADOR 2	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	8	0
RECD02	TORRE CONDENSACIÓN # 2	MOTOBOMBA	REEMPLAZAR/OVERHAULL (SALVO MCA O VIBRACIONES)	52	0
		MOTOBOMBA	CAMBIO DE SELLO MECÁNICO	52	0
		MOTOBOMBA	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	8	0
		MOTO VENTILADOR 1 (DOBLE)	REEMPLAZAR/OVERHAULL (SALVO MCA O VIBRACIONES)	52	0
		MOTO VENTILADOR 1 (DOBLE)	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	8	0
		MOTO VENTILADOR 1 (DOBLE)	CAMBIO DE RODAMIENTOS DE CHUMACERAS SALVO REPORTE VIBRACIONES	52	0
		MOTO VENTILADOR 2	REEMPLAZAR/OVERHAULL (SALVO MCA O VIBRACIONES)	52	0
		MOTO VENTILADOR 2	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	8	0

		MOTO VENTILADOR 2	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	8	0
		MOTO VENTILADOR 2	CAMBIO DE RODAMIENTOS DE CHUMACERAS SALVO REPORTE VIBRACIONES	52	0
RECD03	TORRE CONDENSACIÓN # 3	MOTOBOMBA	REEMPLAZAR/OVERHAULL (SALVO MCA O VIBRACIONES)	52	0
		MOTOBOMBA	CAMBIO DE SELLO MECÁNICO	52	0
		MOTOBOMBA	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	8	0
		MOTO VENTILADOR 1 (DOBLE)	REEMPLAZAR/OVERHAULL (SALVO MCA O VIBRACIONES)	52	0
		MOTO VENTILADOR 1 (DOBLE)	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	8	0
		MOTO VENTILADOR 1 (DOBLE)	CAMBIO DE RODAMIENTOS DE CHUMACERAS SALVO REPORTE VIBRACIONES	52	0
		MOTO VENTILADOR 2	REEMPLAZAR/OVERHAULL (SALVO MCA O VIBRACIONES)	52	0
		MOTO VENTILADOR 2	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	8	0
		MOTO VENTILADOR 2	CAMBIO DE RODAMIENTOS DE CHUMACERAS SALVO REPORTE VIBRACIONES	52	0
RECR01	COMP. RECIPROCANTE # 1 FRESCO	MOTOR	LIMPIEZA	16	0
		MOTOR	ENGRASE	12	0
		MOTOR	CAMBIO DE RODAMIENTOS SALVO REPORTE VIBRACIONES	56	0
		MOTOR	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	4	0
		MOTOR	REEMPLAZAR/OVERHAULL (SALVO MCA O VIBRACIONES)	78	0
		TRANSMISIÓN	REVISAR ALINEACIÓN/TEMPLAR BANDAS	12	0
		TRANSMISIÓN	INSPECCIÓN ESTADO BANDAS-POLEAS	12	0
		TRANSMISIÓN	CAMBIO DE BANDAS	78	0
		TRANSMISIÓN	INSPECCIÓN GUARDAS	8	0
		COMPRESOR	LIMPIAR CABEZALES DE ENFRIAMIENTO	10	0
		COMPRESOR	LIMPIAR ENFRIADOR DE ACEITE	26	0
		COMPRESOR	LIMPIAR FILTROS DEL COMPRESOR	26	0
		COMPRESOR	CAMBIO DE ACEITE	26	0
		COMPRESOR	LIMPIAR TANQUE SEPARADOR DE ACEITE	10	0
		COMPRESOR	REVISAR SENSORES (PRESIÓN Y TEMPERATURA)	10	0
		COMPRESOR	VERIFICAR MECANISMO DE CONTROL DE CAPACIDAD	10	0
		COMPRESOR	DESARMAR E INSPECCIONAR COMPRESOR	123,2876712	9000
		COMPRESOR	CAMBIO DE LAMINAS DE ASPIRACIÓN Y DESCARGA	123,2876712	9000
		COMPRESOR	DESMONTAR MECANISMO DE DESCARGADOR PARA INSPECCIÓN	219,1780822	16000
		COMPRESOR	OVERHAULL	219,1780822	16000
RECR02	COMP. RECIPROCANTE # 2 CONGELADO	MOTOR	LIMPIEZA	16	0
		MOTOR	ENGRASE	12	0
		MOTOR	CAMBIO DE RODAMIENTOS SALVO REPORTE VIBRACIONES	56	0
		MOTOR	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	4	0
		MOTOR	REEMPLAZAR/OVERHAULL (SALVO MCA O VIBRACIONES)	78	0
		TRANSMISIÓN	REVISAR ALINEACIÓN/TEMPLAR BANDAS	12	0
		TRANSMISIÓN	INSPECCIÓN ESTADO BANDAS-POLEAS	12	0
		TRANSMISIÓN	CAMBIO DE BANDAS	78	0
		TRANSMISIÓN	INSPECCIÓN GUARDAS	8	0
		COMPRESOR	LIMPIAR CABEZALES DE ENFRIAMIENTO	10	0
		COMPRESOR	LIMPIAR ENFRIADOR DE ACEITE	26	0
		COMPRESOR	LIMPIAR FILTROS DEL COMPRESOR	26	0

		COMPRESOR	CAMBIO DE ACEITE	26	0
		COMPRESOR	LIMPIAR TANQUE SEPARADOR DE ACEITE	10	0
		COMPRESOR	REVISAR SENSORES (PRESIÓN Y TEMPERATURA)	10	0
		COMPRESOR	VERIFICAR MECANISMO DE CONTROL DE CAPACIDAD	10	0
		COMPRESOR	DESARMAR E INSPECCIONAR COMPRESOR	75	9000
		COMPRESOR	CAMBIO DE LAMINAS DE ASPIRACIÓN Y DESCARGA	75	9000
		COMPRESOR	DESMONTAR MECANISMO DE DESCARGADOR PARA INSPECCIÓN	133,3333333	16000
		COMPRESOR	OVERHAULL	133,3333333	16000
RECR03	COMP. RECIPROCANTE # 3 EMPAQUE	MOTOR	LIMPIEZA	16	0
		MOTOR	ENGRASE	12	0
		MOTOR	CAMBIO DE RODAMIENTOS SALVO REPORTE VIBRACIONES	56	0
		MOTOR	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	4	0
		MOTOR	REEMPLAZAR/OVERHAULL (SALVO MCA O VIBRACIONES)	78	0
		TRANSMISIÓN	REVISAR ALINEACIÓN/TEMPLAR BANDAS	12	0
		TRANSMISIÓN	INSPECCIÓN ESTADO BANDAS-POLEAS	12	0
		TRANSMISIÓN	CAMBIO DE BANDAS	78	0
		TRANSMISIÓN	INSPECCIÓN GUARDAS	8	0
		COMPRESOR	LIMPIAR CABEZALES DE ENFRIAMIENTO	10	0
		COMPRESOR	LIMPIAR ENFRIADOR DE ACEITE	26	0
		COMPRESOR	LIMPIAR FILTROS DEL COMPRESOR	26	0
		COMPRESOR	CAMBIO DE ACEITE	26	0
		COMPRESOR	LIMPIAR TANQUE SEPARADOR DE ACEITE	10	0
		COMPRESOR	REVISAR SENSORES (PRESIÓN Y TEMPERATURA)	10	0
		COMPRESOR	VERIFICAR MECANISMO DE CONTROL DE CAPACIDAD	10	0
		COMPRESOR	DESARMAR E INSPECCIONAR COMPRESOR	100	9000
		COMPRESOR	CAMBIO DE LAMINAS DE ASPIRACIÓN Y DESCARGA	100	9000
		COMPRESOR	DESMONTAR MECANISMO DE DESCARGADOR PARA INSPECCIÓN	177,7777778	16000
		COMPRESOR	OVERHAULL	177,7777778	16000
RECR04	COMP. RECIPROCANTE #4 MAQUINA HIELO	MOTOR	LIMPIEZA	16	0
		MOTOR	ENGRASE	12	0
		MOTOR	CAMBIO DE RODAMIENTOS SALVO REPORTE VIBRACIONES	56	0
		MOTOR	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	4	0
		MOTOR	REEMPLAZAR/OVERHAULL (SALVO MCA O VIBRACIONES)	78	0
		TRANSMISIÓN	REVISAR ALINEACIÓN/TEMPLAR BANDAS	12	0
		TRANSMISIÓN	INSPECCIÓN ESTADO BANDAS-POLEAS	12	0
		TRANSMISIÓN	CAMBIO DE BANDAS	78	0
		TRANSMISIÓN	INSPECCIÓN GUARDAS	8	0
		COMPRESOR	LIMPIAR CABEZALES DE ENFRIAMIENTO	10	0
		COMPRESOR	LIMPIAR ENFRIADOR DE ACEITE	26	0
		COMPRESOR	LIMPIAR FILTROS DEL COMPRESOR	26	0
		COMPRESOR	CAMBIO DE ACEITE	26	0
		COMPRESOR	LIMPIAR TANQUE SEPARADOR DE ACEITE	10	0
		COMPRESOR	REVISAR SENSORES (PRESIÓN Y TEMPERATURA)	10	0
		COMPRESOR	VERIFICAR MECANISMO DE CONTROL DE CAPACIDAD	10	0
		COMPRESOR	DESARMAR E INSPECCIONAR	225	9000

		COMPRESOR		
		COMPRESOR	CAMBIO DE LAMINAS DE ASPIRACIÓN Y DESCARGA	225 9000
		COMPRESOR	DESMONTAR MECANISMO DE DESCARGADOR PARA INSPECCIÓN	400 16000
		COMPRESOR	OVERHAULL	400 16000
RECT01	COMP. TORNILLO # 1 BLAST FREEZER	MOTOR PRINCIPAL	LIMPIEZA	16 0
		MOTOR PRINCIPAL	CAMBIO DE RODAMIENTOS SALVO REPORTE VIBRACIONES	52 0
		MOTOR PRINCIPAL	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	4 0
		MOTOR PRINCIPAL	REEMPLAZAR/OVERHAULL (SALVO MCA O VIBRACIONES)	104 0
		ACOPLE	DESMONTE Y REVISE ELASTÓMERO	26 0
		ACOPLE	REVISE ALINEACIÓN MOTOR-COMPRESOR	52 0
		SELLO MECÁNICO	DESMONTE Y REEMPLACE SI ES NECESARIO	166,6666667 20000
		PISTÓN DESCARGADOR	DESMONTE Y REVISE	83,33333333 10000
		PISTÓN DESCARGADOR	DESMONTE Y REEMPLACE	250 30000
		COJINETE DE EMPUJE	DESMONTE Y REEMPLACE SI ES NECESARIO	250 30000
		COJINETE PRINCIPAL/LATERAL	DESMONTE Y REEMPLACE	250 30000
		UNIDAD	EMPAQUES, O'RINGS	250 30000
		UNIDAD	OVERHAULL	250 30000
		MOTOR BOMBA DE ACEITE	LIMPIEZA	26 0
		MOTOR BOMBA DE ACEITE	CAMBIO DE RODAMIENTOS SALVO REPORTE VIBRACIONES	52 0
		MOTOR BOMBA DE ACEITE	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	4 0
		MOTOR BOMBA DE ACEITE	REEMPLAZAR/OVERHAULL (SALVO MCA O VIBRACIONES)	100 10000
		BOMBA DE ACEITE	REVISE SELLO MECÁNICO	50 5000
		BOMBA DE ACEITE	CAMBIO RODAMIENTOS SALVO REPORTE VIBRACIONAL	100 10000
		BOMBA DE ACEITE	REEMPLAZAR/OVERHAULL (SALVO MCA O VIBRACIONES)	100 10000
		BOMBA DE ACEITE: VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN	DESARME E INSPECCIONE	100 10000
		COMPRESOR: VÁLVULAS CHECK	DESARME E INSPECCIONE	200 20000
		COMPRESOR: FILTRO DE ACEITE SUCCIÓN	DESMONTE Y LIMPIE	25 2500
		COMPRESOR: FILTRO DE ACEITE DESCARGA	CAMBIE	52 5200
		COMPRESOR: FILTRO DE SUCCIÓN	DESARME E INSPECCIONE	52 5200
		COMPRESOR: FILTROS COALESCENTES	REEMPLACE	100 10000
		COMPRESOR: SEPARADOR DE ACEITE	DESARME Y LIMPIE	100 10000
		COMPRESOR: LÍNEA DE RETORNO DE ACEITE	DESARME Y LIMPIE	50 5000
		COMPRESOR: SENSORES DE PRESIÓN Y TEMPERATURA	CALIBRACIÓN /AJUSTE (VER PROC.)	25 2500
		COMPRESOR: VÁLVULAS DE SEGURIDAD	REEMPLAZO	258 25800
		VLT - ARRANCADOR STANDBY	REVISIÓN PROGRAMACIÓN - AJUSTE TERMINALES - VERIFICAR T° TABLERO	26 0
		TABLERO CONTROL	LIMPIEZA VENTILADORES - TARJETAS ELECTRÓNICAS	52 0
RECT02	COMP. TORNILLO # 2 CHILLERS	MOTOR PRINCIPAL	LIMPIEZA	16 0
		MOTOR PRINCIPAL	CAMBIO DE RODAMIENTOS SALVO REPORTE VIBRACIONES	52 0
		MOTOR PRINCIPAL	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	4 0
		MOTOR PRINCIPAL	REEMPLAZAR/OVERHAULL (SALVO MCA O VIBRACIONES)	104 0
		ACOPLE	DESMONTE Y REVISE ELASTÓMERO	26 0
		ACOPLE	REVISE ALINEACION MOTOR-COMPRESOR	52 0
		SELLO MECÁNICO	DESMONTE Y REEMPLACE SI ES NECESARIO	200 20000
		PISTÓN DESCARGADOR	DESMONTE Y REVISE	100 10000

		PISTÓN DESCARGADOR	DESMONTE Y REEMPLACE	300	30000
		COJINETE DE EMPUJE	DESMONTE Y REEMPLACE SI ES NECESARIO	300	30000
		COJINETE PRINCIPAL/LATERAL	DESMONTE Y REEMPLACE	300	30000
		UNIDAD	EMPAQUES, O'RINGS	300	30000
		UNIDAD	OVERHAUL	300	30000
		MOTOR BOMBA DE ACEITE	LIMPIEZA	26	0
		MOTOR BOMBA DE ACEITE	CAMBIO DE RODAMIENTOS SALVO REPORTE VIBRACIONES	52	0
		MOTOR BOMBA DE ACEITE	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	4	0
		MOTOR BOMBA DE ACEITE	REEMPLAZAR/OVERHAULL (SALVO MCA O VIBRACIONES)	100	10000
		BOMBA DE ACEITE	REVISE SELLO MECÁNICO	50	5000
		BOMBA DE ACEITE	CAMBIO RODAMIENTOS SALVO REPORTE VIBRACIONAL	100	10000
		BOMBA DE ACEITE	REEMPLAZAR/OVERHAULL (SALVO MCA O VIBRACIONES)	100	10000
		BOMBA DE ACEITE: VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN	DESARME E INSPECCIONE	100	10000
		COMPRESOR: VÁLVULAS CHECK	DESARME E INSPECCIONE	200	20000
		COMPRESOR: FILTRO DE ACEITE SUCCIÓN	DESMONTE Y LIMPIE	25	2500
		COMPRESOR: FILTRO DE ACEITE DESCARGA	CAMBIE	52	5200
		COMPRESOR: FILTRO DE SUCCIÓN	DESARME E INSPECCIONE	52	5200
		COMPRESOR: FILTROS COALESCENTES	REEMPLACE	100	10000
		COMPRESOR: SEPARADOR DE ACEITE	DESARME Y LIMPIE	100	10000
		COMPRESOR: LÍNEA DE RETORNO DE ACEITE	DESARME Y LIMPIE	50	5000
		COMPRESOR: SENSORES DE PRESIÓN Y TEMPERATURA	CALIBRACIÓN /AJUSTE (VER PROC.)	25	2500
		COMPRESOR: VÁLVULA SOLENOIDE DE EXPANSIÓN DE LIQUIDO	DESARME Y REVISE	50	5000
		COMPRESOR: VÁLVULA DE EXPANSIÓN ELECTRÓNICA	DESARME Y REVISE	50	5000
		COMPRESOR: VÁLVULAS DE SEGURIDAD	REEMPLAZO	258	25800
		ARRANCADOR SUAVE	REVISIÓN PROGRAMACIÓN - AJUSTE TERMINALES - VERIFICAR Tº TABLERO	26	0
		TABLERO CONTROL	LIMPIEZA VENTILADORES - TARJETAS ELECTRÓNICAS	52	0
		RECT03	COMP. TORNILLO #3 RECHILLER	MOTOR PRINCIPAL	LIMPIEZA
MOTOR PRINCIPAL	CAMBIO DE RODAMIENTOS SALVO REPORTE VIBRACIONES			52	0
MOTOR PRINCIPAL	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)			4	0
MOTOR PRINCIPAL	REEMPLAZAR/OVERHAULL (SALVO MCA O VIBRACIONES)			104	0
ACOPLE	DESMONTE Y REVISE ELASTÓMERO			26	0
ACOPLE	REVISE ALINEACIÓN MOTOR-COMPRESOR			52	0
SELLO MECÁNICO	DESMONTE Y REEMPLACE SI ES NECESARIO			200	20000
PISTÓN DESCARGADOR	DESMONTE Y REVISE			100	10000
PISTÓN DESCARGADOR	DESMONTE Y REEMPLACE			300	30000
COJINETE DE EMPUJE	DESMONTE Y REEMPLACE SI ES NECESARIO			300	30000
COJINETE PRINCIPAL/LATERAL	DESMONTE Y REEMPLACE			300	30000
UNIDAD	EMPAQUES, O'RINGS			300	30000
UNIDAD	OVERHAUL			300	30000
MOTOR BOMBA DE ACEITE	LIMPIEZA			26	0
MOTOR BOMBA DE ACEITE	CAMBIO DE RODAMIENTOS SALVO REPORTE VIBRACIONES			52	0
MOTOR BOMBA DE ACEITE	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)			4	0
MOTOR BOMBA DE ACEITE	REEMPLAZAR/OVERHAULL (SALVO MCA O VIBRACIONES)			100	10000
BOMBA DE ACEITE	REVISE SELLO MECÁNICO			50	5000
BOMBA DE ACEITE	CAMBIO RODAMIENTOS SALVO REPORTE VIBRACIONAL			100	10000
BOMBA DE ACEITE	REEMPLAZAR/OVERHAULL (SALVO MCA O VIBRACIONES)			100	10000

		BOMBA DE ACEITE: VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN	DESARME E INSPECCIONE	100	10000
		COMPRESOR: VÁLVULAS CHECK	DESARME E INSPECCIONE	200	20000
		COMPRESOR: FILTRO DE ACEITE SUCCIÓN	DESMONTE Y LIMPIE	25	2500
		COMPRESOR: FILTRO DE ACEITE DESCARGA	CAMBIE	52	5200
		COMPRESOR: FILTRO DE SUCCIÓN	DESARME E INSPECCIONE	52	5200
		COMPRESOR: FILTROS COALESCENTES	REEMPLACE	100	10000
		COMPRESOR: SEPARADOR DE ACEITE	DESARME Y LIMPIE	100	10000
		COMPRESOR: LÍNEA DE RETORNO DE ACEITE	DESARME Y LIMPIE	50	5000
		COMPRESOR: SENSORES DE PRESIÓN Y TEMPERATURA	CALIBRACIÓN /AJUSTE (VER PROC.)	25	2500
		COMPRESOR: VÁLVULAS DE SEGURIDAD	REEMPLAZO	258	25800
		ARRANCADOR SUAVE	REVISIÓN PROGRAMACIÓN - AJUSTE TERMINALES - VERIFICAR T° TABLERO	26	0
		TABLERO CONTROL	LIMPIEZA VENTILADORES - TARJETAS ELECTRÓNICAS	52	0
RECT04	COMP. TORNILLO # 4 CÁMARA CONGELADO	MOTOR PRINCIPAL	LIMPIEZA	16	0
		MOTOR PRINCIPAL	CAMBIO DE RODAMIENTOS SALVO REPORTE VIBRACIONES	52	0
		MOTOR PRINCIPAL	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	4	0
		MOTOR PRINCIPAL	REEMPLAZAR/OVERHAULL (SALVO MCA O VIBRACIONES)	104	0
		ACOPLE	DESMONTE Y REVISE ELASTÓMERO	26	0
		ACOPLE	REVISE ALINEACIÓN MOTOR-COMPRESOR	52	0
		SELLO MECÁNICO	DESMONTE Y REEMPLACE SI ES NECESARIO	166,6666667	20000
		PISTÓN DESCARGADOR	DESMONTE Y REVISE	83,33333333	10000
		PISTÓN DESCARGADOR	DESMONTE Y REEMPLACE	250	30000
		COJINETE DE EMPUJE	DESMONTE Y REEMPLACE SI ES NECESARIO	250	30000
		COJINETE PRINCIPAL/LATERAL	DESMONTE Y REEMPLACE	250	30000
		UNIDAD	EMPAQUES, O'RINGS	250	30000
		UNIDAD	OVERHAULL	250	30000
		MOTOR BOMBA DE ACEITE	LIMPIEZA	26	0
		MOTOR BOMBA DE ACEITE	CAMBIO DE RODAMIENTOS SALVO REPORTE VIBRACIONES	52	0
		MOTOR BOMBA DE ACEITE	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	4	0
		MOTOR BOMBA DE ACEITE	REEMPLAZAR/OVERHAULL (SALVO MCA O VIBRACIONES)	83,33333333	10000
		BOMBA DE ACEITE	REVISE SELLO MECÁNICO	50	5000
		BOMBA DE ACEITE	CAMBIO RODAMIENTOS SALVO REPORTE VIBRACIONAL	83,33333333	10000
		BOMBA DE ACEITE	REEMPLAZAR/OVERHAULL (SALVO MCA O VIBRACIONES)	83,33333333	10000
		BOMBA DE ACEITE: VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN	DESARME E INSPECCIONE	83,33333333	10000
		COMPRESOR: VÁLVULAS CHECK	DESARME E INSPECCIONE	166,6666667	20000
		COMPRESOR: FILTRO DE ACEITE SUCCIÓN	DESMONTE Y LIMPIE	25	2500
		COMPRESOR: FILTRO DE ACEITE DESCARGA	CAMBIE	52	5200
		COMPRESOR: FILTRO DE SUCCIÓN	DESARME E INSPECCIONE	52	5200
		COMPRESOR: FILTROS COALESCENTES	REEMPLACE	83,33333333	10000
		COMPRESOR: SEPARADOR DE ACEITE	DESARME Y LIMPIE	83,33333333	10000
		COMPRESOR: LÍNEA DE RETORNO DE ACEITE	DESARME Y LIMPIE	50	5000
		COMPRESOR: SENSORES DE PRESIÓN Y TEMPERATURA	CALIBRACIÓN /AJUSTE (VER PROC.)	25	2500
		COMPRESOR: VÁLVULA SOLENOIDE DE EXPANSIÓN DE LIQUIDO	DESARME Y REVISE	50	5000
		COMPRESOR: VÁLVULA DE EXPANSIÓN ELECTRÓNICA	DESARME Y REVISE	50	5000
		COMPRESOR: VÁLVULAS DE SEGURIDAD	REEMPLAZO	258	25800
		ARRANCADOR SUAVE	REVISIÓN PROGRAMACIÓN - AJUSTE TERMINALES -	26	0

			VERIFICAR T° TABLERO		
		TABLERO CONTROL	LIMPIEZA VENTILADORES - TARJETAS ELECTRÓNICAS	52	0
		UPS	MEDICIÓN VOLTAJES (LÍNEA- NEUTRO / LÍNEA-TIERRA / NEUTRO-TIERRA) - PRUEBA CARGA BATERÍAS	13	0
REMH01	MAQUINA DE HIELO	PLC LOGO - PLC ZELIO	REVISIÓN AJUSTE TERMINALES - MEDICIÓN VOLTAJES - PROGRAMACIÓN - FUNCIONAMIENTO	26	0
		PLC LOGO - PLC ZELIO	LIMPIEZA PLC	52	0
		PRESOTATOS	REVISE FUNCIONAMIENTO	14	0
		TIEMPOS	REVISE-AJUSTE TIEMPOS	26	0
		MOTOR BOMBA DE RECIRCULACIÓN	LIMPIEZA	16	0
		MOTOR BOMBA DE RECIRCULACIÓN	CAMBIO DE RODAMIENTOS SALVO REPORTE VIBRACIONES	26	0
		MOTOR BOMBA DE RECIRCULACIÓN	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	8	0
		MOTOR BOMBA DE RECIRCULACIÓN	REEMPLAZAR/OVERHAULL (SALVO MCA O VIBRACIONES)	52	0
		BOMBA DE RECIRCULACIÓN	CAMBIO DE SELLO MECÁNICO	52	0
		MOTOR TORNILLO	LIMPIEZA	16	0
		MOTOR TORNILLO	MEDIR CONSUMO CORRIENTE (PROCEDIMIENTO)	8	0
		MOTOR TORNILLO	REEMPLAZAR/OVERHAULL (SALVO MCA O VIBRACIONES)	52	0
		TRANSMISIÓN	REVISAR ALINEACIÓN/TEMPLAR CADENA	52	0
		TRANSMISIÓN	INSPECCIÓN ESTADO BANDAS- PIÑONES	26	0
		TRANSMISIÓN	CAMBIO DE CADENA	104	0
				CHUMACERAS	INSPECCIÓN
RETS01	TANQUE LRV8	SEGURIDADES	PROBAR FUNCIONAMIENTO	26	0
		ESTRUCTURA, TUBERÍAS	REVISE ESTADO: CORROSIÓN	26	0
		TANQUE	PURGAR	8	0
RETS02	TANQUE AB-14	SEGURIDADES	PROBAR FUNCIONAMIENTO	26	0
		ESTRUCTURA, TUBERÍAS	REVISE ESTADO: CORROSIÓN	26	0
		TANQUE	PURGAR	8	0
RETS03	TANQUE AB-12	SEGURIDADES	PROBAR FUNCIONAMIENTO	26	0
		ESTRUCTURA, TUBERÍAS	REVISE ESTADO: CORROSIÓN	26	0
		TANQUE	PURGAR	8	0
RETS04	TANQUE LRV-2	SEGURIDADES	PROBAR FUNCIONAMIENTO	26	0
		ESTRUCTURA, TUBERÍAS	REVISE ESTADO: CORROSIÓN	26	0
		TANQUE	PURGAR	8	0
RETS05	TRAMPA MAQUINA DE HIELO	SEGURIDADES	PROBAR FUNCIONAMIENTO	26	0
		ESTRUCTURA, TUBERÍAS	REVISE ESTADO: CORROSIÓN	26	0
		TANQUE	PURGAR	8	0
		VÁLVULA TRES VÍAS	CAMBIO	104	0

6.3 TRABAJOS ESPECÍFICOS DE MANTENIMIENTO

6.3.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL LADO DE AGUA DE LOS CONDENSADORES EVAPORATIVOS Y ENFRIADORES DE ACEITE.

Principalmente en el lado de agua de los condensadores evaporativos, donde generalmente se presentan incrustaciones, picaduras, corrosión y taponamiento de las tuberías de enfriamiento.

Es importante un tratamiento con procedimientos adecuados de purgas para conservar las superficies de transferencia del condensador y de los enfriadores de aceite, libre de incrustaciones y corrosión, prolongando la vida útil de los equipos.

Además, un análisis del agua nos ayudara a elegir el tratamiento adecuado del mismo, procedimientos y frecuencias de purgas para reducir la concentración de sales dentro de los condensadores.

6.3.1.1 ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DEL AGUA

- Con el análisis del agua, determinaremos la alcalinidad del agua que nos servirá para verificar, el aspecto corrosivo del agua en el condensador, y por ser una condición para que se complete la reacción de los aditivos o químicos alimentados al condensador.
- En cambio, el análisis de la dureza nos permite controlar el buen funcionamiento del ablandador o si es en el agua del condensador, es una forma de controlar lo adecuado de la dosificación del elemento anti-incrustante.

- Para el análisis, las muestras 1 y 2, permiten observar las condiciones de operación del ablandador, mientras que las muestras 3 nos indican las condiciones del lado de agua en el condensador.

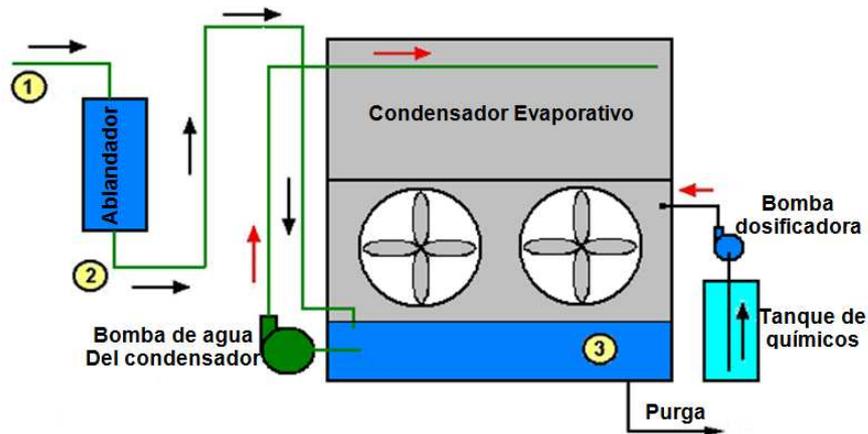


Figura 79. Puntos para obtener muestras de agua en una instalación de Condensador Evaporativo

Tabla 41 Valores Máximos recomendados en Torres de Condensación

Corriente parámetros	Condensador	Rango
Alcalinidad P como ppm de CaCO ₃	70	≤350
Alcalinidad M como ppm de CaCO ₃	290	≤700
Dureza total como ppm de CaCO ₃	10	≤130
Hierro como ppm de Fe	0.2	≤1
Posca residual	12	5 - 15
Sólidos disueltos ppm	534	≤1000
pH	8.2	8 - 8.5
Índice de langelier	-0.7	+1 a -1
% trans. dureza	645	Min. 100
% trans. SiO ₂	101	Min. 100

- Si estos análisis indican una acumulación excesiva de sólidos en el condensador, significa que deberán realizarse mayores purgas a fin de bajarlos a los niveles recomendados.

- Con el fin de evitar incrustaciones, el procedimiento básico usado en la industria consiste en eliminar o inactivar la dureza o sales de calcio y magnesio que tenderían a producir incrustaciones.
- En este sentido, ablandar agua es remover los iones calcio y magnesio que provocan su "dureza". El método de ablandamiento más utilizado es mediante resinas de intercambio iónico; pasar el agua dura por dichas resinas el calcio y el magnesio quedan "pegados", intercambiando posiciones con sodio, al que desalojan de la resina hasta agotarla. Esta operación se hace con sal (cloruro de sodio), interrumpiendo el pasaje de aguas duras y haciendo circular salmuera.

6.3.1.2 EFECTOS DE LAS INCRUSTACIONES.

Al existir incrustaciones esta actúa como aislante térmico y puede resultar un sobrecalentamiento del refrigerante o aceite en el caso de los enfriadores de aceite. Esta situación puede causar agrietamiento en el extremo de los mismos y otros problemas asociados en el recipiente a presión. De existir estos problemas extraer muestras de las incrustaciones para que sean analizadas.

Tabla 42 Clasificación de la Dureza del Agua

Tipos de agua	mg/l	°FR	°DE	°UK
<u>Agua blanda</u>	≤17	≤1.7	≤0.95	≤1.19
Agua levemente dura	≤60	≤6.0	≤3.35	≤4.20
Agua moderadamente dura	≤120	≤6.70	≤8.39	
<u>Agua dura</u>	≤180	≤18.0	≤10.05	≤12.59
Agua muy dura	>180	>18.0	>10.05	>12.59
Agua extremadamente dura	>9999	>9999	>9999	>9999

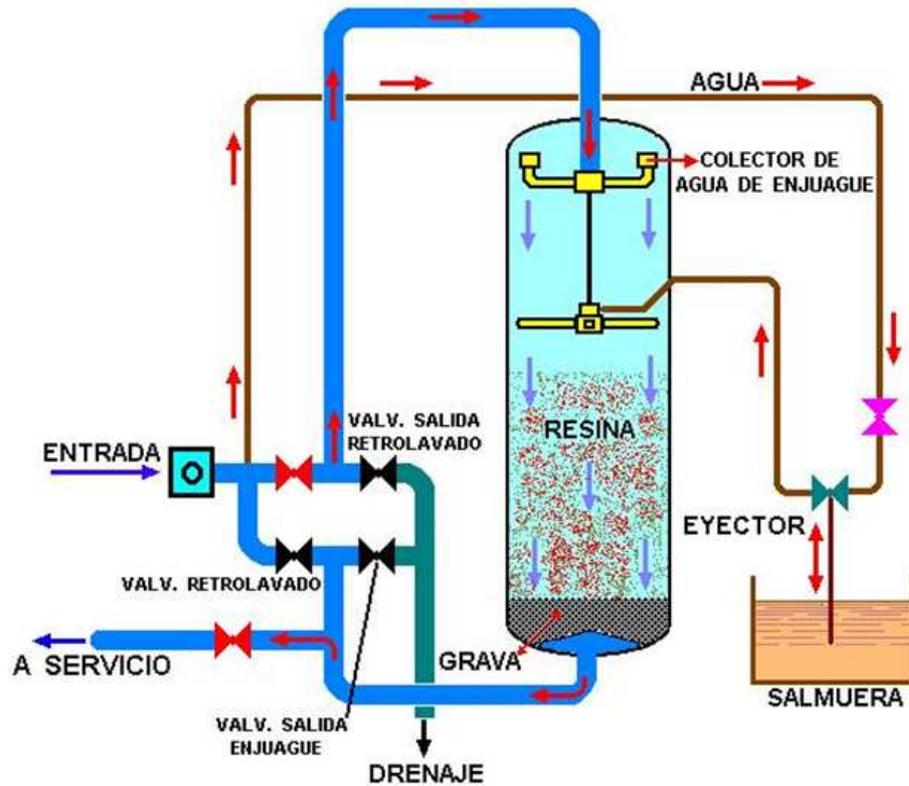


Figura 80. Esquema de Ablandamiento Típico

6.3.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS CONTROLES DE OPERACIÓN

La mayoría de los controles de operación requieren poco mantenimiento aparte de la inspección periódica. Entre los que tenemos:

- Verifique la tensión de las conexiones eléctricas y mantenga limpios los controles.
- Eliminar cualquier suciedad acumulada en el interior del control usando aire de baja presión, teniendo cuidado de no dañar el mecanismo.
- El polvo y la suciedad pueden causar desgaste excesivo y recalentamiento de los contactos del arrancador del motor y del relé.

- Usar un bruñidor o un papel de lija para pulir y limpiar los contactos.
- El reemplazo de los contactos es necesario solamente cuando la capa de plata esté muy fina por el desgaste.

6.3.3 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS COMPRESORES

- Un compresor normalmente puede presentar problemas en la puesta en marcha o después de un periodo de funcionamiento, cuando se han podido producir desgastes. Por lo tanto es muy importante vigilar la puesta en marcha y hacer comprobaciones periódicas una vez puesto en funcionamiento.
- Un sistema de refrigeración que funcione más de 8000 horas seguidas, deberá pasar un periodo de inspección una vez al año. Dicha inspección debe añadir a la normal, una revisión de válvulas, cojinetes y en general todas las partes sometidas a desgaste.



Figura 81. Elementos Expuestos a Desgaste

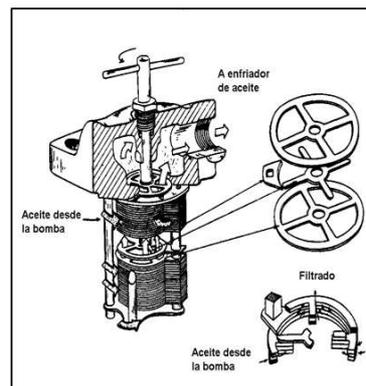
- En el caso de que la temperatura de descarga sea demasiado alta y que la carbonilla o la escoria se adhiera fácilmente a la descarga, inspeccionar el plato de válvulas en la sección de la descarga y cambiar el aceite.
- En el caso de que el agua de refrigeración contenga sedimentos examinar el interior del circuito de la mencionada agua de refrigeración incluyendo el cabezal, cárter enfriador de aceite, etc., y limpiarlos si es necesario, con una frecuencia de tres meses.



ELEMENTOS A INSPECCIONAR



Válvulas de servicio



Filtro

Figura 82. Cabezal de Enfriamiento con Sedimentos debido al Agua de Refrigeración

6.3.3.1 PROCEDIMIENTO PARA EL CAMBIO DE ACEITE DEL COMPRESOR

- 1) Realice vacío al sistema y al compresor.
- 2) Cierre las válvulas de succión y descarga del compresor.
- 3) Despresurice cualquier presión que tenga el compresor, a través de la válvula de retorno de aceite.
- 4) Drene el aceite, abriendo la válvula de servicio de carga de aceite, luego cierre la válvula.
- 5) Desmonte la tapa lateral del cárter del compresor y limpie el cárter. Utilizar una vileda y papel toalla.
- 6) Desmonte los filtros del cárter y de la bomba de aceite límpielos y vuélvalos a colocar en la misma posición que se los desmontó.
- 7) Colocar la tapa lateral del cárter.
- 8) Saque el tapón de carga de aceite de la tapa lateral del cárter y cargué la cantidad adecuada de aceite, utilizando una manguera y un embudo limpios. Vuelva a colocar el tapón utilizando teflón de alta.
- 9) Cierre la válvula de retorno de aceite.
- 10) Abra la válvula de descarga del compresor.
- 11) Abrir lentamente la válvula de succión y prenda el compresor en manual y déjelo que se apague por baja presión de succión pero ya con toda la válvula de succión abierta.

6.3.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS FILTROS

La inspección y limpieza de los filtros se realizara durante la puesta en marcha, las tareas de mantenimiento dependen del filtro:

- **Filtro de aspiración:**
 - a) A las 5 horas de rodaje.
 - b) Una vez al día desde el 2° al 10° día.
 - c) Una vez cada 5 días desde 11° día.
 - d) Una vez cada 2 semanas si la obstrucción es pequeña.
 - e) El periodo de limpieza del filtro de aspiración una vez que el equipo esté en funcionamiento normal será cada año calendario y cada vez que se realice el overhaul del equipo.
- **Filtro de aceite del cárter.** Con cada cambio de aceite así como el filtro de aceite de la bomba y cuando se haga el drenaje del cuerpo bomba.
- **Filtro de aspiración y filtro de aceite del cárter.** Limpiar con tricloroetileno, tetroxido de carbono o aceite ligero. Inspeccionar para asegurarse que no están desoldados o de que la tela metálica no esté rota. La rotura de la tela metálica permite la entrada de materias extrañas causando desgaste en el compresor.

6.3.4.1 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA LIMPIEZA DE LOS FILTROS.

- 1) Realizar vacío al sistema.
- 2) Desmontar los filtros, fijarse la posición en la que se sacan.
- 3) Limpiar con aceite limpio y una brocha o un cepillo y secarlo con aire a presión.
- 4) En caso de dañarse el empaque, realizar otro con lámina de asbesto del mismo espesor, y colocarlo con una película de aceite.
- 5) Colocar los filtros en la misma posición en las que se los saco para evitar un mal funcionamiento.

6.3.5 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL CIGÜEÑAL

- El desgaste de los cojinetes debe ser comprobado y medido con un micrómetro, cada que se realice el overhaul del compresor.
- Prácticamente es suficiente medir la distancia entre los metales y el desgaste puede encontrarse fácilmente tocando las zonas sometidas a dicho desgaste con los dedos.
- Si se hallan marcas deberá pasarse papel de lija fina con el fin de hacerlas desaparecer.
- El orificio de engrase que atraviesa el cigüeñal debe conservarse completamente limpio.
- Limpiar y pasar aceite por el interior de los agujeros ciegos varias veces.
- Cambiar el cigüeñal, solamente en caso de que el desgaste de las zonas de fricción sea superior a los siguientes valores.

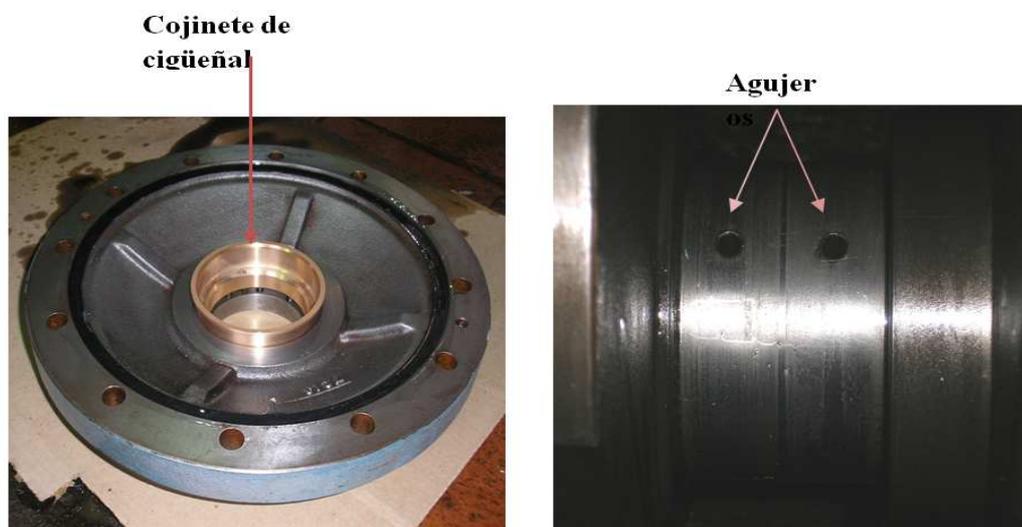


Figura 83. Elementos del Cigüeñal

Tabla 43 Parámetros Estándar del Cigüeñal

Cigüeñal	Diámetro Standard (mm)		Mínimo diámetro (mm)	
	Modelo A	Modelo B	Modelo A	Modelo B
➤ Zona Muñequilla de la biela	70	90	69.85	89.82
➤ Zona Cojinete lado prensa	82.5	112	89.40	111.85
➤ Zona Cojinete lado bomba	67	92	66.90	91.85
➤ Holgura Zona Muñequilla	----	----	0.3	0.4

- Cuando el compresor ha sufrido un golpe de líquido es necesario e indispensable comprobar el balanceo del cigüeñal.

6.3.6 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL CONJUNTO PRENSA

- Si las superficies de contacto del anillo de cierre giratorio y del anillo de cierre fijo no son buenas, corregir mediante lapeado o rectificado.
- Reemplazar las juntas toricas cuando esten endurecidas, ensanchadas o rajadas, teniendo en cuenta que hay que tener cuidado especial de si esta utilizando freón o amoníaco.
- La vida útil del sello mecánico depende del fabricante pero va desde 43.800 horas de funcionamiento o 5 años. Entonces el sello mecánico se lo cambiará o reparar en ese período, además se revisara cada que se realice overhaul del compresor.
- Pero a este tiempo puede influir factores tales como cambio de refrigerante o sustitución de un aceite por otro, en estos casos se pueden presentar fugas por el sello mecánico, antes del tiempo de vida útil.

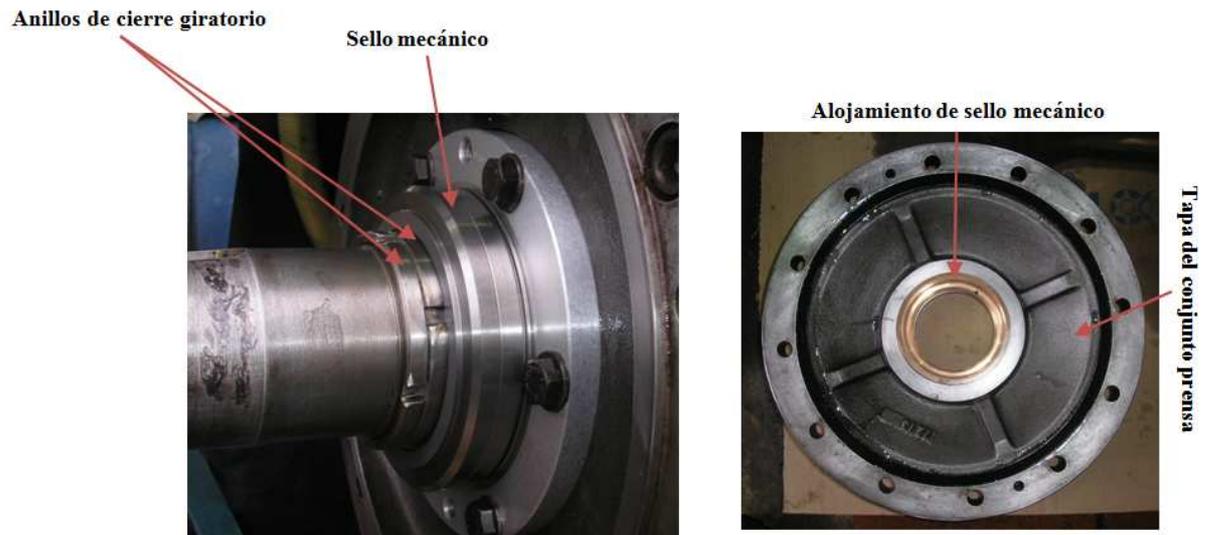


Figura 84. Conjunto Prensa

6.3.6.1 PROCEDIMIENTO PARA CAMBIAR EL SELLO MECÁNICO.

- a) Realice vacío al compresor y cierre las válvulas de succión y descarga.
- b) Retire las guardas de las bandas del compresor.
- c) Afloje los tornillos templadores, numere y saque las banda en orden.
- d) Saque la polea del compresor utilizando los pernos votadores de poleas.
- e) Afloje los pernos de la tapa prensa y saque la tapa.
- f) Afloje los anillos de cierre giratorio.
- g) Saque el sello mecánico, limpie el eje del cigueñal y cambie el sello.
- h) Coloque y apriete bien los anillos de cierre giratorios.
- i) Coloque la tapa prensa con un nuevo empaque y ajuste los pernos.
- j) Coloque la polea.
- k) Coloque las bandas y alinea las poleas.
- l) Coloque las guardas de las bandas.

- m) Abrir la válvula de descarga.
- n) Abrir lentamente la válvula de succión hasta tener presión de amoníaco positiva, probar fugas.
- o) Probar el compresor preendiendolo en manual, verificar la tensión de las bandas.

6.3.7 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE CABEZAL Y ENFRIADOR DE ACEITE.

Un mal funcionamiento en el enfriamiento del cabezal del compresor y el enfriador de aceite, incrementara la presión de descarga y disminuira la presión del aceite, provocando que el compresor se apague por falla y generando carbonilla en las válvulas de descarga.

6.3.7.1 PROCEDIMIENTO PARA LA LIMPIEZA DEL CABEZAL DE ENFRIAMIENTO Y DEL ENFRIADOR DE ACEITE.

- a) Apagar el compresor.
- b) Apagar la bomba de agua, si es el caso que la bomba es solo para ese compresor.
- c) Cerrar la válvula de ingreso y salida de agua.
- d) Afloje las abrazaderas, saque las mangueras y límpielas. Saque y fíjese en la posición que van.
- e) Afloje los pernos de las tapas de los cabezotes, saque las tapas y límpielas.
- f) Limpie los cabezotes.
- g) Afloje los pernos del enfriador de aceite, saque las tapas y límpielas.

- h) Coloque y asegure bien las tapas del enfriador de aceite, si el empaque esta dañado cambielo por uno nuevo para evitar fuga de agua.
- i) Coloque y asegure bien las tapas del cabezote de enfriamiento, si el empaque esta dañado cambielo por uno nuevo para evitar fugas de agua.
- j) Coloque las mangueras en la posición que se las saco y asegure bien las abrazaderas.
- k) Abra las válvulas de ingreso y salida de agua.
- l) Prenda la bomba.
- m) Pruebe el funcionamiento del compresor, observe la presión de aceite y la temperatura de descarga.

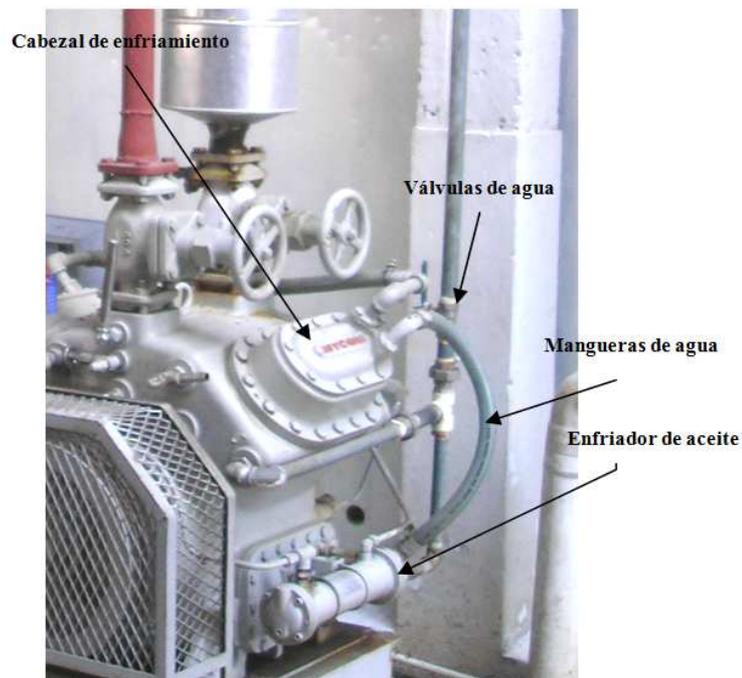


Figura 85. Elementos del Cabezal y del Enfriador de Aceite

6.3.8 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL CONDENSADOR EVAPORATIVO.

- El tipo de servicio requerido para el mantenimiento del condensador es determinado, primordialmente, por la condición severa del trabajo dado por la operación en horas por día, la calidad del aire en el lugar que se encuentra instalado, así como la “dureza” del agua con que es alimentado, la concentración de impurezas en el agua y aire es el factor primario en determinar el grado de estos efectos. Las condiciones atmosféricas y del agua varían de un lugar a otro, por lo tanto es prácticamente imposible dar instrucciones detalladas que apliquen en todas las instalaciones.
- El depósito de agua fría debe de ser inspeccionada regularmente, cualquier basura que pueda quedar acumulada en la bandeja o en el cedazo deberán de ser removidos. Cada semana la bandeja debe ser limpiada para remover el lodo y residuos que normalmente se forman en el fondo de la bandeja durante la operación normal.
- El nivel de operación del agua en la bandeja no varía con la carga térmica del sistema (rango de la evaporación), el rango de evaporación de invierno es frecuentemente menor que el rango de evaporación en verano. El nivel de operación del agua debe ser inspeccionado cada 3 meses y el flotador reajustado si es necesario para mantener el nivel de operación recomendado que es al máximo en el depósito.

6.3.8.1 PROCEDIMIENTO PARA LA INSPECCION DE LOS DISTRIBUIDORES DE AGUA.

- a) Apagar el ventilador y dejar la bomba encendida.
- b) Remover los eliminadores con mucho cuidado.

- c) Examinar que los distribuidores de agua producen una distribución homogénea
- d) Limpiar todos los distribuidores que estén tapados. Si es necesario quitar el distribuidor completo para una mejor limpieza.

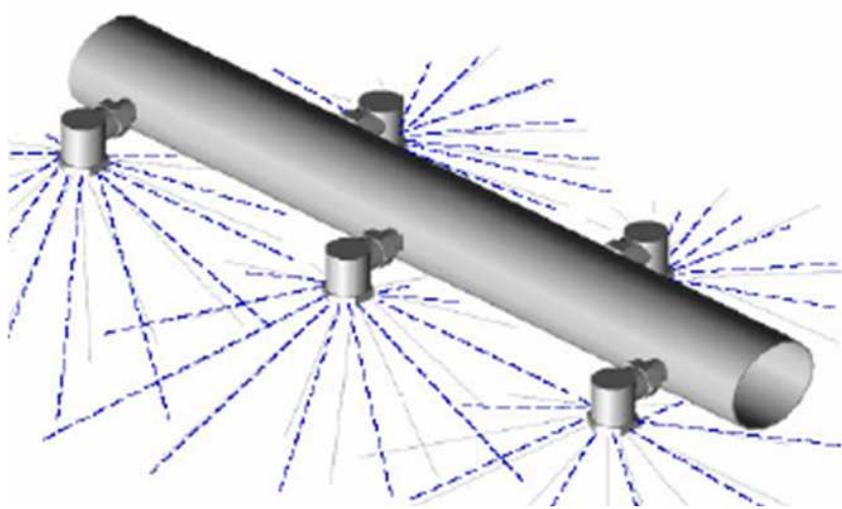


Figura 86. Distribuidores de Agua

6.3.9 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR.

- Esta parte es una de las labores más importantes para asegurar que el equipo opera correcta y eficientemente.
- Inspeccionar el serpentín, el laminado por la parte interna y la estructura de acero, cualquier rastro de corrosión, daño u obstrucción deben de ser corregidas inmediatamente.

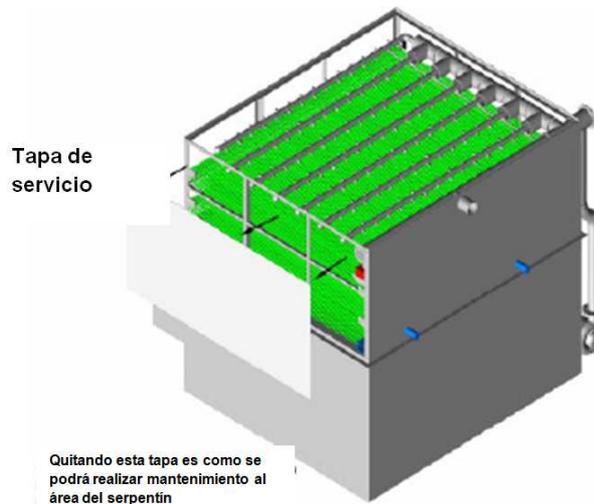


Figura 87. Intercambiador de Calor

- Para la limpieza del serpentín intercambiador se necesita herramientas especiales como el “peine”, el cual es metálico y de forma como su nombre lo indica, y lo que hace, es “peinar” la superficie de los tubos del intercambiador por ambos lados, para remover los depósitos de sales, desplazando el “peine” en ambas direcciones, permitiendo quitar y remover toda la incrustación de sales depositadas en la pared del tubo.

6.3.10 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL DE-SÚPER-CALENTADOR.

- Es necesario realizar la limpieza los tubos del de-súper calentador de lo contrario la capacidad de enfriamiento de este componente se reduce drásticamente y el depósito de sales dentro del tubo genera obstrucción al libre flujo de agua hacia los distribuidores afectando toda la operación.
- La forma de limpiarse es con el condensador totalmente apagado, con un cepillo con cerda resistente de acero inoxidable.

- En caso de apreciar rastros de corrosión sobre la pared de acero de la toma de agua o del espejo del intercambiador corregir inmediatamente con el trato de pintura anticorrosivo

6.3.11 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS ELIMINADORES DE ARRASTRE DE GOTAS.

- Es necesario mantenerlos limpios ya que también se depositan en este grandes cantidades de sales y esto puede obstruir el libre flujo de aire.
- La mejor forma de limpiarlo es con agua a presión, además, estos equipos requieren ser cambiados cada cierto tiempo ya que el sol y las sales los degradan por lo que solo será necesario una o 2 limpiezas en la vida útil del accesorio que es de 5 años.

6.3.12 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LOS MOTO-VENTILADORES

- La tensión de las bandas adecuada para un funcionamiento adecuado es la tensión más baja en la cual la banda no se desliza cuando está andando en la más alta condición.
- La tensión de la banda se debe ajustar permitiendo 1/64" desviación por pulgada de la distancia de centro a centro de las poleas.
- Revisar la tensión de la banda dos veces durante las primeras 24 horas de funcionamiento y de aquí en adelante hágalo periódicamente cada 2.000 horas y cámbiela cuando haya cumplido las 8.000 horas de funcionamiento porque en ese tiempo prácticamente la banda perderá su abrasión.

- Se ajusta la tensión de la banda con los cuatro retenedores localizados en los dos lados de la placa del motor y deslizándola lejos del eje del ventilador hasta el punto de tensión deseada.
- En algunos ventiladores, los retenedores unen el motor a la placa del motor y deben ser aflojados para poder ajustar la banda.
- Es muy importante que las poleas del motor mantengan la alineación apropiada después de ser ajustadas. El desalineamiento de la polea podría ocasionar ruido y desgaste prematuro de la banda, vibración y pérdida de fuerza.
- Cualquiera vibración del ventilador tiene la tendencia a aflojar los retenedores mecánicos, prestar atención en este aspecto.
- La grasa bloquea las aberturas de enfriamiento de la cubierta del motor, contamina el lubricante de los rodamientos y se acumula sobre las cuchillas de las aspas, causando un serio desbalance, realizar una limpieza adecuada.

6.3.13 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE EVAPORADORES

- Todos los evaporadores deben revisarse a menudo para obtener un deshielo adecuado, debido que la cantidad y tipo de escarcha puede variar considerablemente, dependiendo de la temperatura de la cámara, el tipo del producto almacenado, de la frecuencia de almacenaje de producto nuevo en la cámara y del porcentaje en tiempo que la puerta está abierta. Puede ser necesario cambiar periódicamente el número de ciclos de deshielo o ajustar la duración de deshielo.

- Como el aceite viaja con el refrigerante y se aloja en el evaporador es necesario realizar periódicamente purgas de aceite de los evaporadores, la válvula de purga de los evaporadores se encuentra localizada a la salida del evaporador en la parte más baja.

6.3.13.1 PROCEDIMIENTO PARA REALIZAR LA PURGA DE ACEITE DE EVAPORADORES.

- a) Apagar el solenoide de líquido y cerrar la válvula manual de ingreso de líquido.
- b) Cerrar la válvula manual de succión del evaporador.
- c) Abra lentamente la válvula de purga, saldrá aceite y ciérrela cuando empiece a salir gas de amoníaco.
- d) Abra la válvula manual de succión del evaporador.
- e) Abra la válvula manual de ingreso de líquido y prenda la solenoide de líquido.

6.3.13.2 PROCEDIMIENTO PARA LA LIMPIEZA DE EVAPORADORES.

- a) Apagar los evaporadores, bajar los térmicos de los motores eléctricos.
- b) Retirar las compuertas laterales para tener acceso al serpentín.
- c) Aplicar agua a presión y temperatura ambiente en las rejillas y bandejas de drenaje, cuidado que no ingrese agua a los motores eléctricos.
- d) Realizar un cepillado en las rejillas y bandejas.
- e) Aplicar el desincrustante (Shiny Side) a las estructuras de difícil acceso para remover el resto de suciedad y grasa acumulada.
- f) Después de 5 minutos enjuagué con agua a presión.

- g) Las estructuras superiores del evaporador y las compuertas se limpian retirando manualmente con un vileda los restos de suciedad y grasa aplicando agua y jabón.

6.3.14 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL TANQUE DE ALTA

La inspección a la que deberán someterse los tanques son:

- La inspección visual del estado de las superficies exteriores, aislamientos, pintura, conexiones, tornillería, tomas de tierra, escaleras, soportes, columnas, anclaje, cimentaciones y en general todos los elementos que se puedan revisar sin necesidad de poner fuera de servicio el tanque o recipiente a presión.
- La inspección interior del tanque o recipiente a presión, en cuanto a corrosión, agrietamientos y estado de las soldaduras. Consistirá como mínimo en la medición de espesores de paredes, fondos y techo; inspección visual de la superficie interna.

6.3.14.1 PROCEDIMIENTO PARA PURGAR EL ACEITE.

La purga se realizara cuando el sistema este apagado, para realizar el vacío del recipiente por lo menos debe tener un compresor prendido y entrapar el líquido en evaporadores, condensadores y trampas de líquido.

- a) Realice vacío al recipiente, cerrando la válvula de entrada de líquido que bien de la torre de condensación, todo el refrigerante líquido se alojara en el serpentín del condensador.

- b) Apague todo el sistema.
- c) Aísle el recipiente, cerrando las válvulas de ingreso y salida desde y hacia el recipiente.
- d) Abra la válvula de purga lentamente hasta que salga todo el aceite, o hasta que salga gas de amoníaco.
- e) Cierre bien la válvula de purga, revise fuga.
- f) Abra lentamente todas las válvulas que cerró anteriormente y habilite el sistema.

6.3.15. PROCEDIMIENTO PARA PURGAR EL ACEITE DE LA TRAMPA DE SUCCION.

- a) Realice vacío al sistema.
- b) Aislar la trampa cerrando las válvulas manuales de ingreso y salida.
- c) Coloque todos los elementos de protección personal antes de realizar la purga.
- d) Si la presión del tanque es negativa o 0 Kg/cm², abrir la válvula de ingreso de gas caliente hasta alcanzar una presión de 1 Kg/cm², recordar si tiene presión de vacío absorberá aire al interior.
- e) Colocar un recipiente debajo de la válvula de purga y abrir lentamente la válvula de purga de aceite, saldrá aceite.
- f) Una vez que salió todo el aceite y empezó a salir gas de amoníaco cerrar la válvula de purga.
- g) Abrir las válvulas manuales que se cerraron.
- h) Cuantificar la cantidad de aceite que se purgo, para completar al compresor.



Figura 88. Purga de Aceite

6.3.16. PROCEDIMIENTO PARA PURGAR EL ACEITE DEL INTERCOOLER.

- a) Realizar el vacío al sistema.
- b) Aísle el Intercooler cerrando las válvulas manuales de ingreso y salida.
- c) Coloque todos los elementos de protección personal antes de realizar la purga.
- d) Si la presión del tanque es negativa o 0 Kg/cm^2 , abrir la válvula de ingreso de gas caliente hasta alcanzar una presión de 1 Kg/cm^2 , recordar si tiene presión de vacío absorberá aire al interior.
- e) Colocar un recipiente debajo de la válvula de purga y abrir lentamente la válvula de purga de aceite, saldrá aceite.
- f) Una vez que salió todo el aceite y empezó a salir gas de amoníaco cerrar la válvula de purga.
- g) Abrir las válvulas manuales que se cerraron.
- h) Cuantificar la cantidad de aceite que se purgó, para completar al compresor.

6.3.17. PROCEDIMIENTO PARA LA LIMPIEZA DEL SEPARADOR DE ACEITE.

- a) Realizar el vació al sistema.
- b) Cerrar las válvulas de succión y descarga del compresor.
- c) Por la válvula de purga evacue cualquier residuo de aceite.
- d) Desacople la válvula de retorno de aceite.
- e) Coloque todos los elementos de protección personal antes de realizar la limpieza.
- f) Afloje los pernos y desmontar la tapa inferior del separador.
- g) Realizar la limpieza utilizando una vileda y papel toalla.
- h) Colocar la tapa inferior si el empaque esta malo cámbielo y ajuste bien los pernos.
- i) Acople la válvula de retorno de aceite.
- j) Cierre la válvula de purga.
- k) Abra las válvulas de succión y descarga y pruebe fugas.

6.3.18 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA VÁLVULA DE EXPANSIÓN ELECTRÓNICA

Cuando se detecta un mal funcionamiento de las válvulas, especialmente por daños mecánicos se evidencia por la inundación del evaporador y se debe realizar el cambio de piezas mecánicas, ya sea del cabezote, el orificio o los resortes y si es falla eléctrica cambiar la bobina o el controlador.

6.3.18.1 PROCEDIMIENTO PARA EL CAMBIO DE PIEZAS MECÁNICAS DE LA VÁLVULA DE EXPANSIÓN ELECTRÓNICA.

- a) Cierre la válvula manual anterior a la válvula de expansión electrónica, para realizar vacío al evaporador.
- b) Apague eléctricamente las válvulas de expansión electrónicas.
- c) Cierre la válvula manual posterior a la válvula de expansión electrónica.
- d) Saque la bobina de la válvula.
- e) Desmonte el cabezote de la válvula y cambie las piezas que estén dañadas.
- f) Arme nuevamente con empaques nuevos no dejar los mismo.
- g) Abra las válvulas manuales y pruebe fugas en la válvula.

6.3.19 PROCEDIMIENTO PARA EL CAMBIO DE LA VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA.

Si se presentan síntomas de falla se recomienda el cambio inmediato de toda la válvula.

- a) Cierre la válvula manual anterior a la válvula de Expansión Termostática, para realizar vacío al evaporador.
- b) Cierre la válvula manual posterior a la válvula de Expansión Termostática.
- c) Afloje los pernos de las bridas, desmonte la válvula y el bulbo si es una válvula con ecualizador externo.
- d) Coloque la válvula nueva con empaques nuevos en las bridas no dejar los mismo.
- e) Coloque el bulbo del ecualizador en la misma posición en la que se lo saco y aíslelo bien.
- f) Abra las válvulas manuales y pruebe fugas en la válvula.

6.3.20 PROCEDIMIENTO PARA EL CAMBIO DE LA VÁLVULA DE EXPANSIÓN TERMOSTÁTICA.

Si se presentan síntomas de falla se recomienda el cambio inmediato de toda la válvula.

- a) Cierre la válvula manual anterior a la válvula de Expansión Manual, para realizar vacío al evaporador.
- b) Cierre la válvula manual posterior a la válvula de Expansión Manual.
- c) Afloje los pernos de las bridas, desmonte la válvula
- d) Coloque la válvula nueva con empaques nuevos en las bridas no dejar los mismo.
- e) No abrir ni cerrar la válvula de Expansión Manual ya que esta viene calibrada desde fábrica según el tonelaje requerido.
- f) Abra las válvulas manuales y pruebe fugas en la válvula.

6.3.21 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA VÁLVULA SOLENOIDE

- La falla de una Válvula Solenoide puede ser mecánica o eléctrica, cuando la solenoide da paso de líquido estando apagada tiene falla mecánica, si la válvula no da paso de líquido cuando esta energizada la falla es eléctrica.
- Cuando ocurre cualquiera de estas fallas se recomienda cambiarlas por una nuevas no intentar repararlas.

6.3.21.1 PROCEDIMIENTO PARA LA LIMPIEZA DEL FILTRO DE LA VÁLVULA SOLENOIDE.

- a) Cierre la válvula anterior a la válvula solenoide.
- b) Realice vacío al sistema.
- c) Cierre la válvula posterior a la válvula solenoide.
- d) Afloje el tapón del filtro de la válvula solenoide.
- e) Saque el filtro.
- f) Límpielo con aire a presión.
- g) Coloque nuevamente el filtro.
- h) Coloque el tapón utilizando teflón de alta y ajustarlo bien.
- i) Abra las válvulas manuales y pruebe fugas.

6.3.21.2 PROCEDIMIENTO PARA EL CAMBIO DE LA VÁLVULA SOLENOIDE.

- a) Cierre la válvula anterior a la válvula solenoide.
- b) Realice vacío al sistema.
- c) Cierre la válvula posterior a la válvula solenoide.
- d) Afloje los pernos de la brida y despresurizar.
- e) Desmonte la válvula y cambie.
- f) Coloque la nueva electroválvula con sus respectivos empaques.
- g) Coloque los pernos de la brida y apretar.
- h) Abra las válvulas manuales y pruebe fugas.

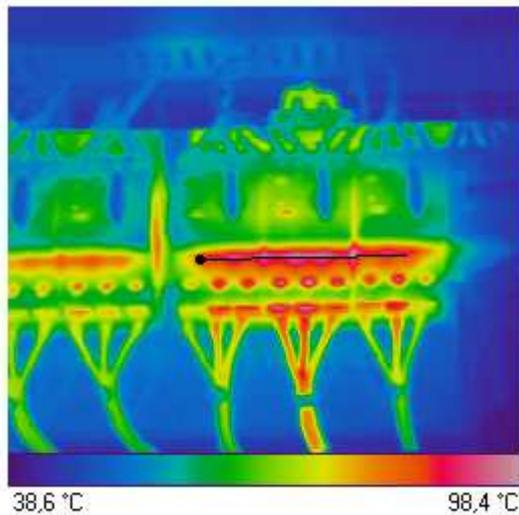
De esta manera se realiza el cambio de todas las válvulas mecánicas y todas por el diseño del sistema tendrán válvulas manuales antes y después de las mismas, y tendrán bridas para un fácil desacoplamiento.

6.3.22 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN

- La falla de una Válvula Reguladora de Presión puede ser mecánica o eléctrica, cuando la válvula tiene falla mecánica da paso de toda la presión de gas que se tenga en el sistema, si la válvula no da paso de gas cuando esta energizada la falla es eléctrica.
- Cuando ocurre cualquiera de estas fallas se recomienda cambiarlas por una nuevas no intentar repararlas.

6.3.23 MANTENIMIENTO PARA LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN.

Para estos elementos no hay un tipo de mantenimiento específico, existe revisiones o inspecciones que se los debe realizar mediante algún método de mantenimiento predictivo (termografía) cada año y mediante diagnóstico se realizaran los trabajos que se requiera, pero la mayoría de los fallos son provocados por agentes externos a los elementos de protección y cuando estos fallan se los deben cambiar.



TERMOGRAMA

T. Amb °C	38
T. Ref. °C	65
T. Max. °C	98
Delta T °C	60

IMAGEN DE CAMPO
Temperature Line Profile

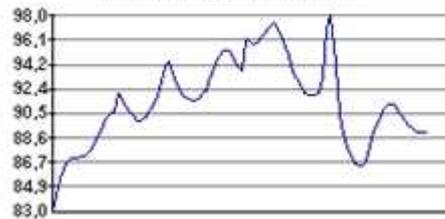


Figura 89. Reporte Termográfico del Tablero de Evaporadores

6.4 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Durante el funcionamiento de los equipos de refrigeración aún cuando se realice un buen mantenimiento preventivo, en ciertas ocasiones las piezas, mecanismos, y controles estarán sometidos a una serie de factores que pueden provocar averías. Estas averías surgen debido a la acción de la alta temperatura a la que opera el equipo, mal tratamiento de agua, fluctuaciones de carga, sobre presiones, corrosión, etc.

Para prevenir las averías en los equipos, es necesario conocer cuáles son las causas que las

provocan, para tomar las medidas pertinentes de mantenimiento correctivo.

En este sentido, hemos estructurado una tabla de averías de acuerdo a la secuencia de funcionamiento del sistema.

Las causas posibles, efecto y soluciones para simplificar la localización del origen del problema. VER ANEXO 10.

6.5 MEDIDAS DE SEGURIDAD PERSONAL

Toda área con instalación de amoníaco deberá tener equipamientos de emergencia disponible, accesibles y listos para cuando se requiera.

La ubicación de tales equipos debe estar bien identificada.

- **Máscara de gases.** Para toda la cara, con cartuchos para amoníaco (verde) aprobado por la Administración de Salud y Seguridad ocupacional (OSHA) de EUA. Se requieren tener al menos dos mascararas en cada sitio donde se almacene amoníaco (recipientes). Estas mascararas están limitadas a usarse en periodos no superiores a 15 minutos y bajo concentraciones no mayores a 3% en aire (30.00 ppm). Una persona usando máscara deberá salir del área afectada tan pronto sienta olor de amoníaco o tenga dificultad respiratoria.



Figura 90. Máscara para gases

- **Aparatos respiradores artificiales.** Para casos donde la concentración de amoníaco es desconocida o puede exceder el 3% o en atmósfera deficiente en oxígeno. Compuesto de máscara, regulador de presión y flujo y cilindro de aire a presión, ofrece protección por un periodo de tiempo según el usuario.



Figura 91. Máscara con Respiradores Artificiales

- **Vestido protector.** Comprende guantes, botas, pantalón y chaqueta impermeables al amoníaco.
- **Sistema de agua.** Un equipo de mangueras y rociadores deberá disponerse no solo contra fuego sino para controlar las fugas de amoníaco.

6.5.1 PRIMEROS AUXILIOS.

El mejor medio de auxiliar las lesiones causadas por el amoníaco en contacto con ojos y piel es lavar el área afectada con cantidades abundantes de agua potable. Esta acción deberá iniciarse tan pronto ocurra el percance y prolongarse el tiempo necesario. De manera general en caso de ocurrir percances con amoníaco, se sugieren los siguientes procedimientos de atención:

- Después de inhalar vapor de amoníaco, la persona afectada deberá ir a una área libre de amoníaco y respirar aire fresco. Si su exposición ha sido mínima, no requiere tratamiento adicional.
- Una persona inconsciente a causa de inhalar vapor amoníaco, deberá ser conducida a un área libre de amoníaco y prestarle pronta atención médica.

6.5.2 MEDIDAS DE EMERGENCIA.

Cada planta deberá estimar sus condiciones potenciales de riesgo o emergencia que pudieran ocurrir y desarrollar su programa acorde a sus propios requisitos. Donde quiera que se

deposite y use amoníaco se sugiere adecuar en un plan los procedimientos y acciones presentados a continuación:

Cuando ocurre una fuga de amoníaco, el personal; entrenado y autorizado para manejar la situación deberá iniciar las etapas de localizar y control la situación. Puede requerirse el equipo de respiración y vestidos impermeables al amoníaco. Las demás personas deben mantenerse retiradas del área afectada hasta que se pueda detener la fuga.

Al ocurrir un escape de vapor, antes de llegar a concentraciones fatales, el efecto irritante empujara la gente hacia las salidas. Deberán marcarse muy bien las salidas, en número adecuado y de fácil acceso para la rápida evacuación del edificio.

Cuando alguien quede atrapado en una área contaminada con vapor de amoníaco, deberá contener su respiración y abrir los ojos solo lo necesario. Puesto que el vapor de amoníaco es más ligero que el aire, deberá permanecer lo más cerca del piso mientras busca la mejor ruta de salida, lo anterior no se haría si hubiese charco de amoníaco. Si no hubiese equipo respiratorio, un pañuelo o trapo húmedo sobre la nariz y boca pueden dar protección temporal.

Para conseguir una rápida disipación de los vapores de amoníaco se precisa de buena ventilación o corrientes de aire que empujen el vapor hacia el exterior y la atmósfera superior. Puede no necesitarse más que parar la fuga.

Cuando escapa NH_3 de un tanque frío, y la temperatura del agua disponible es mayor que la temperatura del amoníaco, no debe aplicarse agua sobre el tanque porque se transferirá calor

desde el agua hacia el amoníaco, incrementándose la presión del tanque y aumentando cualquier descarga de la válvula de alivio o escape existente. Sobre un pozo o charco de amoniaco, no deberá aplicarse agua si no se dispone por lo menos de 100 veces la cantidad de amoniaco a diluir.

6.5.3 PRACTICAS DE SEGURIDAD.

- a) Asegúrese que el equipo de extracción es adecuado y manténgalo en buenas condiciones de operación.
- b) Provea alumbrado de emergencia, salidas adecuadas, mascarar para amoníaco y suficientes filtros para las mascarar.
- c) Provea una cuerda larga para amarrar a una persona en caso que se necesite entrar de emergencia en una cámara o en una sala impregnada con cualquier refrigerante, esto sirve como una guía para salir; además en caso que se necesite rescatar a otra persona, nunca entre en una sala que tenga altas concentraciones de refrigerante sin estar acompañado de otra persona.
- d) Compruebe las temperaturas del aceite y de la descarga del compresor. Manténgalas de acuerdo con las condiciones del fabricante. Pare el compresor y determinen las causas si las temperaturas límites sobrepasan.
- e) Evitar colgarse de las cañerías, elimine cualquier vibración excesiva de inmediato.
- f) Mantenga en su lugar la protección de las poleas del compresor y no opere hasta que sean puestas en caso de reparaciones.
- g) Conecte las descargas de las válvulas de seguridad a una tubería conectada al exterior del edificio.

- h) Nunca cierre las válvulas de salida de un recibidor lleno de refrigerante líquido a menos que este protegido con una válvula de seguridad de tamaño adecuado. Nunca exponga los recibidores, cilindros o botellas de refrigerante a un calor excesivo.
- i) Disponga siempre de un acompañante en caso de reparaciones en las cámaras refrigeradas o en la sala de máquinas.
- j) Desarrolle un “plan de procedimientos de emergencia” e instruya al personal de la planta, de una forma periódica. Conozca la ubicación de la válvula de salida principal del recibidor de amoníaco, breaker de los compresores y de la manguera de agua más cercana.
- k) Asegúrese que los extintores de incendio estén en buenas condiciones de operación, en suficiente número, y ubicados en lugares apropiados.
- l) Siempre use una máscara que cubra toda la cara cuando haga reparaciones donde la pérdida de amoníaco “puede” ocurrir.

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

- Para llenar las demandas de mantenimiento de los Equipos de Refrigeración Industrial que usan amoníaco, se requiere de experiencia práctica de avanzada, conocimientos teóricos, y destreza constructiva. Además, también requiere conocimiento del comportamiento dinámico, térmico, etc., y el empleo de estrategias de mantenimiento preventivo y correctivo, como son inspecciones del estado actual ejecutadas en forma regular, y detección temprana de fallas para evitar daños.
- La presencia de una falla en cualquier parte del sistema de refrigeración generalmente se manifiesta en una condición de funcionamiento o temperatura indeseables. Para encontrar con rapidez y facilidad las fallas en un sistema, deben conocerse algunos puntos de cálculo típicos del funcionamiento del sistema.
- Los datos de las inspecciones, junto con el reporte del estado de los equipos, sirven para determinar con mayor exactitud cuál ha sido el comportamiento del sistema y permiten sacar conclusiones más precisas y los correctivos que se deben efectuar.
- Hoy esperamos mayor calidad, operación fiable, mantenimiento simple, y protección del medio ambiente, larga vida útil en servicio y un desempeño con altas prestaciones costo / efectividad; siendo que nuestras vidas y nuestro estándar de vida están afectados por máquinas.

7.2 RECOMENDACIONES

- Hay organizaciones mundiales que apoyan la investigación y desarrollo de nuevos sistemas y aplicaciones de la refrigeración con amoníaco, he aquí una clara oportunidad de investigar y desarrollar tecnología en base a estos incentivos internacionales.
- Implementar planes de mantenimiento basado en Mantenimiento Preventivo, en lugar de paradas imprevistas, reparaciones costosas, interrupciones a la producción.
- Llevar y llenar formularios de mantenimiento en el lugar de trabajo. Recordar que es parte del tiempo que habrá de ser cargado a la tarea, al planificar el mantenimiento preventivo estos datos son fundamentales.
- Instalar en equipos de gran almacenamiento un sistema en Stand By, para proteger la inversión, ya que el costo de tener un sistema redundante no supera a las perdidas por descomposición del producto.
- Se recomienda especialmente al dueño de una instalación frigorífica mantener en stock un par de balones de refrigerante (el correspondiente a sus equipos), un repuesto de filtro, aceite para rellenos o recambio y un árbol de carga. Esto es considerado el equipo mínimo que puede ser necesario en una urgencia.

ANEXOS

ANEXO 1

TABLAS PARA DETERMINAR LA GANANCIA DE LA CARGA EN PAREDES

**TABLA COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN DE CALOR (U)
PARA CUARTOS DE ALMACÉN FRÍOS BTU/HR POR PIE² POR °F DE
DIFERENCIA ENTRE EL AIRE EN LOS DOS LADOS. VELOCIDAD DEL AIRE 15
MPH**

Espesor pared, X Pulgada	Espesor del aislamiento, Y Pulgadas.						
	2	3	4	5	6	7	8
Bloque de concreto 8	0.12	0.085	0.066	0.054	0.046	0.040	0.035
Bloque de concreto 12	0.12	0.083	0.065	0.053	0.045	0.039	0.035
Bloque de concreto de ceniza 8	0.11	0.081	0.064	0.052	0.045	0.039	0.034
Bloque de concreto de ceniza 12	0.11	0.079	0.063	0.052	0.044	0.039	0.034
Ladrillo común 8	0.11	0.081	0.064	0.053	0.045	0.039	0.034
Ladrillo común 12	0.10	0.076	0.061	0.050	0.043	0.038	0.034
Barro bloque 4	0.12	0.085	0.066	0.054	0.046	0.040	0.035
Barro bloque 6	0.11	0.081	0.064	0.053	0.045	0.039	0.035
Barro bloque 8	0.11	0.081	0.064	0.052	0.045	0.039	0.034
Concreto 6	0.13	0.089	0.069	0.056	0.047	0.041	0.036
Concreto 8	0.12	0.087	0.068	0.055	0.047	0.040	0.036
Concreto 10	0.12	0.086	0.067	0.055	0.046	0.040	0.035
Concreto 12	0.12	0.085	0.066	0.054	0.046	0.040	0.035

**TABLA COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN DE CALOR (U) PARA CUARTOS DE
ALMACÉN FRÍOS BTU/HR POR PIE² POR °F DE DIFERENCIA ENTRE EL AIRE
EN LOS DOS LADOS. VELOCIDAD EXTERIOR DEL VIENTO 15 MPH.**

Material de aislamiento	Espesor del aislamiento (pulgadas)									
	3 5/8	5 5/8	2	3	4	5	6	8	10	12
Corcho granulado	0.079	0.055						0.040	0.033	0.027
Lana de roca	0.072	0.050						0.036	0.029	0.025
Aserrín	0.097	0.069						0.051	0.042	0.035
Placa de corcho	-----	-----	0.11	0.084	0.067	0.055	0.047			
Relleno de lana de roca o de vidrio	0.084	0.055	-----	0.100	0.077	0.062	0.052			

TABLA COEFICIENTE DE TRANSMISIÓN DE CALOR (U) PARA CUARTOS DE ALMACÉN FRÍOS BTU/HR POR PIE² POR °F DE DIFERENCIA ENTRE EL AIRE EN LOS DOS LADOS. VELOCIDAD DEL VIENTO 15 MPH.

Espesor de pared, piso o techo, X pulgadas	Espesor de aislamiento, Y pulgadas						
	2	3	4	5	6	7	8
Tabique de corcho	0.13	0.089	0.069	0.056	0.047	0.041	0.036
Losa 2, acabado 2	0.12	0.087	0.067	0.055	0.046	0.040	0.035
Losa 5, acabado 3	0.12	0.084	0.066	0.054	0.046	0.040	0.035
Losa 6, acabado 4	0.11	0.083	0.065	0.054	0.045	0.039	0.035
Espuma de vidrio							
Losa 2, acabado 2	0.15	0.11	0.087	0.071	0.060	0.053	0.046
Losa 5, acabado 3	0.15	0.11	0.084	0.070	0.059	0.052	0.046
Losa 6, acabado 4	0.14	0.10	0.083	0.069	0.059	0.051	0.045
Concreto 4	0.12	0.089	0.069	0.056	0.048	0.042	0.036
Concreto 8	0.12	0.086	0.067	0.055	0.047	0.041	0.036
Madera real	0.11	0.082	0.064	0.053	0.045	0.039	0.035

TABLA TOLERANCIA POR RADIACIÓN SOLAR

Tipo de superficie	Pared este	Pared sur	Pared oeste	Techo plano
Superficie color oscura tales como: Losas de techos Techos impermeables Pinturas negras	8	5	8	20
Superficie color medio tales como: Madera sin pintar Ladrillo Teja roja Cemento oscuro Pintura roja, gris o verde	6	4	6	15
Superficie con color ligero tales como: Piedra blanca Cemento color ligero Pintura blanca	4	2	4	9

**TABLA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE MATERIALES USADOS EN PAREDES
DE ALMACENES FRÍOS**

Material	Descripción	Conductividad térmica (k)	Conductancia térmica DEBAJO DE	
Mampostería	Ladrillo común	5.0		
	Ladrillo de fachada	9.0		
	Concreto, mortero mezcla	5.0		
	Concreto, agregado de arena	12.0		
	Bloque de concreto.			
	Agregado de arena 4 plg		1.40	
	Agregado de arena 8 plg		0.90	
	Agregado de arena 12 plg		0.78	
	Agregado de escoria 4 plg		0.90	
	Agregado de escoria 8 plg		0.58	
	Agregado de escoria 12 plg		0.53	
	Yeso de estucar		3.12	
	Barro bloque hueco 4 plg.		0.90	
Barro bloque hueco 6 plg.		0.66		
Barro bloque hueco 8 plg.		0.54		
Maderas	Arce, roble, maderas duras similares		1.10	
	Abeto, pino, maderas suaves similares		0.80	
	Madera contrachapada ½ plg.		1.60	
	Madera contrachapada ¾ plg.		1.07	
Techado	Techado con rollo de asfalto	6.50	0.15	
	Techado armado 3/8 plg.	3.00	0.33	
Materiales de aislamiento	Bloque o rollo de fibra, mineral o de vidrio	0.27		
	Tabla o placa			
	Vidrio celular	0.40		
	Placa de corcho	0.30		
	Fibra de vidrio	0.25		
	Polietileno expandido	0.20		
	Poliuretano expandido	0.17		
	Relleno			
	Papel prensado	0.27		
	Aserrín o virutas	0.45		
	Lana mineral	0.27		
	Corteza de pino	0.26		
	Fibra de madera	0.30		
Conductancia en la superficie (coeficiente de convección)	Aire tranquilo		1.65	
	Aire en movimiento 7.5 mph		4.00	
	Aire en movimiento 15 mph		6.00	

Vidrio	Una hoja		1.13
	Dos hojas		0.46
	Tres hojas		0.29
	Cuatro hojas		0.21

ANEXO 2

TABLAS PARA DETERMINAR LA GANANCIA DE LA CARGA POR CAMBIO DE AIRE

**TABLA BTU POR PIE CÚBICO DE AIRE ELIMINADO EN ENFRIAMIENTO
PARA CONDICIONES DE ALMACENAJE ARRIBA DE 30°F**

Temperatura cuarto almacén en °F	Temperatura aire de entrada °F									
	85			90			95		100	
	Humedad relativa aire interior en %									
	50	60	70	50	60	70	50	60	50	60
65	0.65	0.85	1.12	0.93	1.17	1.44	1.24	1.54	1.58	1.95
60	0.85	1.03	1.26	1.13	1.37	1.64	1.44	1.74	1.78	2.15
55	1.12	1.34	1.57	1.41	1.66	1.93	1.72	2.01	2.06	2.44
50	1.32	1.54	1.78	1.62	1.87	2.15	1.93	2.22	2.28	2.65
45	1.50	1.73	1.97	1.80	2.06	2.34	2.12	2.42	2.47	2.85
40	1.69	1.92	2.16	2.00	2.26	2.54	2.31	2.62	2.67	3.06
35	1.86	2.09	2.34	2.17	2.43	2.72	2.49	2.79	2.85	3.24
30	2.00	2.24	2.49	2.26	2.53	2.82	2.64	2.94	2.95	3.35

**TABLA BTU POR PIE CÚBICO DE AIRE ELIMINADO EN ENFRIAMIENTO
PARA CONDICIONES DE ALMACENAJE DEBAJO DE 30°F**

Temperatura cuarto almacén en °F	Temperatura aire de entrada °F									
	40		50		80		90		100	
	Humedad relativa aire de entrada en %									
	70	80	70	80	50	60	50	60	50	60
30	0.24	0.29	0.58	0.66	1.69	1.87	2.26	2.53	2.95	3.35
25	0.41	0.45	0.75	0.83	1.86	2.05	2.44	2.71	3.14	3.54
20	0.56	0.61	0.91	0.99	2.04	2.22	2.62	2.90	3.33	3.73
15	0.71	0.75	1.06	1.14	2.20	2.39	2.80	3.07	3.51	3.92
10	0.85	0.89	1.19	1.27	2.38	2.52	2.93	3.20	3.64	4.04
5	0.98	1.03	1.34	1.42	2.51	2.71	3.12	3.40	3.84	4.27
0	1.12	1.17	1.48	1.56	2.68	2.86	3.28	3.56	4.01	4.43
-5	1.23	1.28	1.59	1.67	2.79	2.98	3.41	3.69	4.15	4.57
-10	1.35	1.41	1.73	1.81	2.93	3.13	3.56	3.85	4.31	4.74
-15	1.50	1.53	1.85	1.93	3.05	3.25	3.67	3.96	4.42	4.86
-20	1.63	1.68	2.01	2.09	3.24	3.44	3.88	4.18	4.66	5.10
-25	1.77	1.80	2.12	2.21	3.38	3.56	4.00	4.30	4.78	5.21
-30	1.90	1.95	2.29	2.38	3.55	3.76	4.21	4.51	5.00	5.44

**TABLA CAMBIOS DE AIRE PROMEDIO POR 24 HORAS PARA CUARTOS DE
ALMACENAJE ARRIBA DE 32 °F DEBIDO A APERTURAS DE PUERTAS E
INFILTRACIÓN**

Volumen pies cúbicos	Cambios de aire por 24 hr						
250	38.0	1000	17.5	6000	6.5	30000	2.7
300	34.5	1500	14.0	8000	5.5	40000	2.3
400	29.5	2000	12.0	10000	4.9	50000	2.0
500	26.0	3000	9.5	15000	3.9	75000	1.6
600	23.0	4000	8.2	20000	3.5	100000	1.4
800	20.0	5000	7.2	25000	3.0		

**TABLA CAMBIOS DE AIRE PROMEDIO POR 24 HORAS PARA CUARTOS DE
ALMACENAJE DEBAJO DE 32 °F DEBIDO A APERTURAS DE PUERTAS E
INFILTRACIÓN.**

Volumen pies cúbicos	Cambios de aire por 24 hr						
250	29.8	1000	13.5	5000	5.6	25000	2.3
300	26.2	1500	11.0	6000	5.0	30000	2.1
400	22.5	2000	9.3	8000	4.3	40000	1.8
500	20.0	2500	8.1	10000	3.8	50000	1.6
600	18.0	3000	7.4	15000	3.0	75000	1.3
800	15.3	4000	6.3	20000	2.6	10000	1.1

ANEXO 3

TABLAS DATOS DE DISEÑO PARA ALMACENAJES DE CARNES

Carnes	Tipo de almacenamiento	Condiciones de diseño del cuarto					Datos de enfriamiento				Calor latente estimado Btu/lb 24 hr	Calor específico		Calor latente de fusión Btu/lb	Contenido de agua %	Punto de congelación °F	Movimiento máximo de aire en el cuarto
		temperatura		Humedad relativa		Granos por lb. De aire a la condición recomendada	Temperatura producto °F		Tiempo hrs.	Factor rapidez		Btu/lb°F					
		Recomendado °F	Rango permitido °F	Recomendado %	Rango permitido %		Empezar	Acabar				Antes de congelamiento	Después de congelamiento				
Pollo fresco	Largo	28	28-30	87	85-90	19.0					0.4	0.79	0.37	106	74	27	60
Congelado	Largo	0	(-5)-0	87	85-90	4.65					0.2						150
Empacado																	
Húmedo	Frió empezar	45		85		37.5	85	40	5.0	1.00	17.0						150
	Frió acabar	32		85		22.3					0.4						90

ANEXO 4

CARGAS VARIAS

CALOR EQUIVALENTE DE MOTORES ELÉCTRICOS.

Motor hp	Btu/hp-h		
	Carga conectada en Espacio ¹ Ref.	Perdidas exteriores por motor Espacio ² Ref.	Carga Conectada exterior Espacio ³ Ref.
1/8 a 1/2	4250	2545	1700
1/2 a 3	3700	2545	1150
3 a 20	2950	2545	400

- 1 Para utilizar cuando tanto la salida útil y pérdidas del motor son disipadas dentro del espacio refrigerado; motores impulsando ventiladores para unidad de enfriadores con circulación forzada.
- 2 Para usarse cuando las pérdidas del motor son disipadas fuera del espacio refrigerado y el trabajo útil del motor es aprovechado dentro del espacio; sistema de bomba para circulación de salmuera o de agua fría, motor instalado fuera del espacio refrigerado impulsando a ventilador para circulación de aire dentro del espacio refrigerado.
- 3 Para usarse cuando las pérdidas de calor son disipadas dentro del espacio refrigerado y el trabajo útil si tiene fuera del espacio refrigerado, motor dentro del espacio refrigerado impulsando a una bomba o ventilador instalada fuera del espacio refrigerado.

EQUIVALENTES DE CALOR POR PERSONAS DENTRO DEL ESPACIO

REFRIGERADO.

Temperatura enfriador °F	Calor equivalente/Persona Btu/hr
50	720
40	840
30	950
20	1050
10	1200
0	1300
-10	1400

ANEXO 5

FUNCIONES DE LOS CONTROLADORES DE TEMPERATURA

Menú de funciones	Parámetro	Parámetro con comunicación de datos
Función del termostato		Termostato
<p>Referencia Regulación de la temperatura basada en el punto de consigna ajustado. Bloqueo / limitación de cambios del valor de referencia con el ajuste en los parámetros r02 y r03.</p>	-	Temp. set point
<p>Diferencial El relé del compresor cierra cuando la temperatura de la cámara es mayor que el valor de referencia más el diferencial. Abrirá de nuevo cuando la temperatura baje al punto de consigna</p>	r01	Diferencial
<p>Limitación / bloqueo de la referencia Para evitar ajustes erróneos demasiado altos o demasiado bajos, se puede estrechar el rango de ajuste de la referencia del controlador. Permitiendo de esta manera solamente el ajuste entre dos valores. Bloqueo superior del valor de referencia Bloqueo inferior del valor de referencia</p>		
	r02	Max lim. temp SP
	r03	Min lim. temp SP
<p>Calibración del sensor de temperatura Si la temperatura en el entorno del sensor y la del controlador no son idénticas, puede realizarse una calibración del sensor de temperatura (compensación cuando los cables del sensor son largos)</p>	r04	Calibración de temperatura.
<p>Unidad de temperatura Parámetro para ajustar la visualización de la temperatura en °C. ó °F.</p>	r05	Temp. unidad °C=0(solo se debe tener en °C en AKM)
Ajustes de alarma		Ajuste de alarmas
<p>El controlador puede dar una alarma en diferentes situaciones. Cuando esto sucede, todos los indicadores luminosos (LED's) del controlador parpadearán simultáneamente y se activará también el relé de alarma que incorpora el controlador.</p>		
<p>Desviación superior para alarma Aquí se fija el punto para alarma de temperatura alta. El valor se ajusta en K. La alarma se activa cuando la temperatura supera los valores de referencia más el diferencial más el desvío superior ajustados.</p>	A01	Aumentar desviación
<p>Desviación inferior para alarma Aquí se fija el punto para alarma de temperatura baja. El valor se ajusta en K. La alarma se activará cuando la temperatura caiga por debajo de la referencia menos la desviación inferior.</p>	A02	Bajar desviación.

<p>Retardo de alarma de temperatura</p> <p>Si se sobrepasan los límites, se iniciará un contador de tiempo. La alarma se visualizará cuando haya pasado el tiempo de retardo definido. El ajuste está fijado en minutos.</p>	A03	Temp alarm delay
<p>Retardo de alarma de puerta</p> <p>Si se utiliza la entrada digital para la función de alarma de puerta (ver definición en la sección "Varios") la alarma se activará tras el periodo de tiempo definido.</p> <p>El retardo de alarma se fija en minutos.</p>	A04	Door alarm delay
		<p>Reset alarm</p> <p>Rearme de todas las alarmas en la pos. ON.</p>
		<p>Alarm stat/relay</p> <p>Lectura del estado de alarma. Si el controlador incorpora un relé de alarma, se puede hacer un control forzado del relé en el modo "Control manual"</p>
Función del compresor		Compresor
<p>El relé del compresor trabaja en función del termostato. Sólo se activa el relé del compresor, cuando el termostato demanda refrigeración.</p>		
<p>Tiempos de funcionamiento / parada</p> <p>Para evitar funcionamientos irregulares, se pueden ajustar valores para controlar los tiempos de funcionamiento y parada del compresor.</p> <p>Tiempo de funcionamiento mínimo(en minutos)</p> <p>Tiempo mínimo de parada (en minutos)</p>		
	c01	Min. ON- tiempo.
	c02	Min. OFF- tiempo.
<p>Funciones de seguridad para defectos en los sensores</p> <p>Si se estropea el sensor de ambiente (cable en cortocircuito o roto), el controlador inicia un ciclo de control del compresor a la vez que envía una alarma de fallo del sensor. Si el controlador ha estado funcionando tanto tiempo que el relé del compresor se ha activado 72 veces, el controlador memorizará los diferentes periodos -ON/OFF del relé del compresor. La regulación funcionará entonces según el periodo ON/OFF medio establecido.</p> <p>Sin embargo, si el regulador no ha realizado las 72 operaciones, la regulación utilizará un periodo de 20 minutos. Durante estos 20 minutos el compresor arrancará y parará por éste ajuste porcentual. P.ej. un ajuste de 40% desactivará el relé durante 8 de estos 20 minutos.</p>	c03	Corte de frecuencia
<p>Parada del compresor por puerta abierta</p> <p>Si se utiliza la entrada digital para la función de alarma de puerta (ver definición en la sección "Varios"), se puede fijar parada del compresor por puerta abierta. Con el ajuste en YES (ON) el compresor se parará.</p>	c04	Compresor se apaga o prende por la puerta.
		<p>Compresor relay</p> <p>Se puede visualizar el estado del relé, o forzar la</p>

		salida en modo "Control Manual".
Desescarche		Defrost
<p>El controlador cuenta con un temporizador que permite que el desescarche se realice periódicamente, p.ej. cada ocho horas.</p> <p>Si se desea que el desescarche se realice a ciertas horas del día, el ajuste deberá realizarse consecuentemente, pero también se puede acoplar un módulo con un reloj en tiempo real. Una vez montado este reloj, se podrá realizar el desescarche a las horas deseadas.</p> <p>Deberá ajustarse si el desescarche es eléctrico o por gas caliente.</p> <p>El desescarche puede pararse por tiempo, o bien se puede montar un sensor de temperatura en el evaporador, de manera que el desescarche pueda pararse por una referencia de temperatura..</p>		
<p>Método de desescarche</p> <p>Aquí se fija si el desescarche es eléctrico o por gas caliente. Durante el desescarche se activará el relé de desescarche. Este ajuste influirá en el funcionamiento del relé del compresor durante el desescarche. Si es ELÉCTRICO, el relé del compresor no se activará, sin embargo si se utiliza GAS CALIENTE, el relé se activa.</p>	d01	Def. método EL=0
<p>Temperatura de fin de desescarche</p> <p>Cuando se monta un sensor de desescarche en el evaporador, el desescarche podrá pararse en un valor de temperatura fijado. Si no se ha montado un sensor de desescarche, el desescarche se parará por tiempo. Ver más adelante.</p>	d02	Def. para por temperatura
<p>Intervalo entre comienzos de desescarche</p> <p>Existen dos opciones. Se puede ajustar en posición OFF, o se puede fijar un intervalo. Cuando se ajusta en pos. OFF el desescarche se arranca con una entrada digital DI o un reloj de tiempo real instalado en el controlador.</p> <p>Intervalo: Simplemente se fija el intervalo entre desescarche deseado</p>	d03	Intervalo de Defrost
<p>Máxima duración de desescarche</p> <p>Si el desescarche termina por temperatura, aquí ajustamos un tiempo máximo de seguridad.</p> <p>Si el desescarche es por tiempo, ajustamos el tiempo deseado.</p>	d04	Máx. Tiempo de defrost
<p>Escalonamiento de entradas de desescarche durante el arranque</p> <p>Esta función sólo es relevante si se tienen varias aplicaciones de refrigeración o grupos donde es necesario tener desescarche escalonados. Esta función es también relevante si se selecciona desescarche con intervalo (d 03).</p> <p>Esta función retrasa el primer desescarche durante el número de minutos ajustados, una vez conectado el controlador.</p>	d05	Tiempo de escalonamiento
<p>Tiempo de goteo</p> <p>Aquí se ajusta el tiempo que transcurre desde el final del desescarche hasta que se arranca el compresor. (El tiempo</p>	d06	Tiempo de inicio y parada

necesario para que el agua gotee del evaporador)		
Retraso del ventilador después del desescarche Ajuste del tiempo que transcurre desde que se arranca el compresor después del desescarche hasta que el ventilador se pone en marcha.(El tiempo que el agua todavía esté "ligada" al evaporador).	d07	Retardo al arranque del ventilador
Temperatura de arranque del ventilador El ventilador también puede arrancar un poco antes de lo ajustado en el parámetro anterior, si el sensor de desescarche registra una temperatura adecuada. En éste parámetro se fija esa temperatura a la cual el ventilador arrancaría.	d08	Temperatura de arranque del ventilador.
Funcionamiento del ventilador durante el desescarche Aquí se fija si el ventilador debe estar funcionando durante el desescarche	d09	Funcionamiento del ventilador durante el defrost.
Sensor de desescarche Aquí se indica si se ha montado un sensor de desescarche	d10	Sensor de defrost
Retraso de alarma después del desescarche Durante e inmediatamente después de un desescarche la temperatura es "demasiado alta". La alarma por "alta temperatura" se puede anular justo después del desescarche. Aquí se fija la duración de ésta anulación	d11	Retardo de la alarma de defrost
Retraso de mensaje en pantalla después del desescarche Durante e inmediatamente después del desescarche la temperatura es "demasiado alta". Este parámetro sirve para evitar que en la pantalla se vea dicha temperatura. Aquí se fija el tiempo durante el cual el valor de la temperatura en pantalla no será exacto. Por lo que durante e inmediatamente después del desescarche la pantalla visualizará la temperatura medida justo antes del desescarche.	d12	Retardo de indicación
Desescarche al encender el EKC Aquí se fija si el controlador debe realizar un desescarche al conectarse. Por ej. Por fallo de alimentación.	d13	Al encender empezar con un Defrost
		Inicio de Defrost Arranque de desescarche manual
		Lectura del estado del relé de desescarche o control forzado en Modo "Control manual".
Si se desea conocer la temperatura del sensor de desescarche, pulsar el botón inferior del controlador.		Defrost temp. Lectura de la temperatura en el sensor de desescarche
Función del ventilador		Fan
Además de la función del ventilador durante el desescarche, los ventiladores también se pueden parar en función del estado del compresor o de puerta.		
Parada del ventilador por parada de compresor Ajuste de parada de ventiladores por parada del compresor.	F01	Parada ventilador por parada del compresor

<p>Retardo parada del ventilador por parada del compresor</p> <p>Si se selecciona la función anterior también se puede ajustar un retardo de parada de los ventiladores tras la parada del compresor.</p> <p>Ajuste del tiempo de retardo.</p>	F02	Retardo de parada del ventilador por paro del compresor
<p>Parada de los ventiladores por puerta abierta</p> <p>Si se ha seleccionado la entrada DI para función de puerta, también se pueden parar los ventiladores, por puerta abierta. Seleccionar "Si" ó "No" para fijar la función.</p>	F03	Parada y arranque de los ventiladores por la puerta
		Relé de ventilador Lectura del estado del relé del ventilador o control forzado en modo "Control manual"
Varios		Varios
<p>Retraso de la señal de salida después del arranque</p> <p>Tras un arranque o un corte de tensión, las funciones del controlador se pueden retrasar para evitar una sobrecarga de tensión. Aquí se fija el tiempo de retardo.</p>	o01	Retardo de la señal de salida
<p>Señal de entrada digital</p> <p>El controlador incorpora una entrada digital "DI" que puede usarse para las siguientes funciones:</p> <p>1) Alarma de puerta. Se conecta un interruptor de puerta, y el controlador registrará cuando la entrada digital este abierta. El controlador podrá realizar ahora las siguientes funciones: Alarma de puerta abierta, parada de compresor por puerta abierta, parada del ventilador por puerta abierta.</p> <p>Cuando finalice el tiempo de retardo por puerta abierta (A04) entrará en funcionamiento una función de seguridad (arranque del compresor y ventilador).</p> <p>2) Desescarche. Se monta un contacto con muelle de retorno (pulsador). El controlador registrará cuando la entrada DI está activa y en ese momento iniciará un desescarche. Si la señal se envía a varios controladores es importante que TODAS las conexiones estén conectadas de la misma forma.</p> <p>(DI a DI y GND a GND). También es necesario que todos los controladores estén alimentados desde sus propios transformadores individuales.</p> <p>3) Comunicación de datos. Si se monta una tarjeta de comunicación, el controlador puede enviar el estado actual a la red de comunicación de datos.</p> <p>0) Cuando no se utiliza la entrada DI, el ajuste se fijará en 0.</p>	o02	Señal de entrada digital
<p>Código de acceso</p> <p>Si se desea proteger los ajustes en el controlador con una contraseña, ésta deberá fijarse con un valor numérico entre 1 y 100. Se puede anular la función ajustando OFF.</p>	o05	
<p>Tipo de sensor</p> <p>Normalmente se utilizan sensores PT 1000 debido a su alta precisión. Pero también se puede utilizar sensores PTC (R25=1000) en situaciones especiales.</p>	o06	Tipo de Sensor Pt=0

Con un sensor PT 1000, la lectura de la temperatura se visualiza con un decimal (0.1).Mientras que con un sensor PTC, la lectura será con números enteros. (1).		
Ajuste de fábrica Para rearme a los ajustes de fábrica, deberá realizarse la siguiente operación: quitar la tensión de alimentación y mantener los dos botones pulsados a la vez mientras se vuelve a conectar la tensión.		Reset de fábrica. Con ajuste en ON, rearme a los valores ajustados en fábrica
		Estado de la salida digital. Aquí se visualiza el estado de la entrada DI
Dirección		
Si el controlador está dentro de una red de comunicación, debe tener una dirección y la entrada que controla dicha comunicación deberá conocer esa dirección. Estos ajustes sólo podrán realizarse una vez montada la tarjeta de comunicación y finalizada la instalación del cable de comunicación de datos. En el documento "RC.8A.C" se describe como se realiza ésta instalación La dirección se ajusta entre 1y60 La dirección se envía a la entrada cuando o04 está en pos. ON.	o03 o04	Instalando una tarjeta de comunicación, el controlador puede trabajar junto con el resto de los controles de refrigeración
Reloj de tiempo real		
El controlador cuenta con una cavidad para montar un reloj de tiempo real o bien una tarjeta de comunicación. Cuando se instala una tarjeta de comunicación, ésta se puede conectar con una entrada, tipo AKA 243 de Danfoss. A partir de ahora, el funcionamiento del controlador se puede realizar vía comunicación de datos. (Ver documentación separada)		
Reloj de tiempo real Este módulo permite hasta 6 desescarche en horas determinadas al día. (por cada 24 horas)	t01 t06	
Ajuste de la hora del reloj (poner en hora)	t07	
Ajuste de los minutos del reloj (poner en hora)	t08	
Mensajes de fallos		Alarmas
En el momento en que se produce un fallo o error, todos los indicadores de la pantalla (LED) parpadearán, y si es un modelo con relé de alarma, éste se activará. Pulsando el botón superior en esta situación, se visualizará el mensaje de fallo en la pantalla. Existen dos tipos de aviso de fallo; puede ser una alarma producida durante el funcionamiento diario, o bien puede haber algún error en la instalación. A continuación se indica una lista de mensajes que pueden aparecer:		
Alarma de alta temperatura	A1	Alarma temperatura alta.
Alarma de baja temperatura	A2	Alarma temperatura baja.
Alarma de puerta	A4	Alarma de puerta.
(Los mensajes -A no se visualizarán hasta que el tiempo de retardo haya finalizado, sin embargo los mensajes- E se		

visualizaran en el momento de producirse el fallo.		
Fallo en el controlador	E1	Falla en el controlador
Sensor de ambiente desconectado	E2	Sensor amb. desconectado
Sensor de ambiente cortocircuitado	E3	Sensor amb. en corto circuito
Sensor de desescarche desconectado	E4	Sensor def. desconectado
Sensor de desescarche cortocircuitado	E5	Senso def. en corto circuito
		Destino de alarmas
		La prioridad de cada una de las alarmas se puede definir mediante un ajuste (0, 1, 2 ó 3). Ver documentación de AKM
Estado de funcionamiento		(Medición)
El controlador pasa por algunos momentos de regulación donde simplemente está esperando al siguiente paso. Para que estas situaciones de "por qué no sucede nada" se aclaren, se puede visualizar el estado de funcionamiento en la pantalla. Pulsar brevemente (1s) el botón superior. Si hay un código de estado, éste se visualizará en pantalla. A continuación se indica la definición de los códigos de estado:		EKC estado: 0 = regulación
S2: Cuando el compresor está funcionando, deberá funcionar durante al menos x minutos.		2
S3: Cuando el compresor está parado, deberá estar parado durante al menos x minutos.		3
S4:Tiempo de goteo del evaporador		4
S10: Parada refrigeración		10
General		Muestra todos los parámetros
Temperatura del aire (medida)		Temperatura ambiente
Funcionamiento manual; 0 = normal, 1 = servicio (control forzado de los relés)		Manual control

ANEXO 6

DATOS TÉCNICO DE LOS CONTROLADORES DE TEMPERATURA

Tensión	Versión panel	12 V c.a./c.c. +15/-15% 230 V +10/-15%, 50/60 Hz (algunas versiones)
	Versión DIN	230 V +10/-15%, 50/60 Hz
Consumo	Versión panel	2.5 VA
	Versión DIN	5.0 VA
Transformadores	Controladores de 12 V deben conectarse por separado con transformadores de 3 VA como mínimo.	
Sensores	Pt 1000 ohm ó PTC (R 25 = 1000 ohm)	
Sensores del controlador	Rango de medida	-60 a +50°C
	Precisión	±0,5°C Para temp. del sensor -35 a +25°C; ±1°C Para temp. del sensor -60 a -35°C +25 a +50°C
Pantalla	3 dígitos, indicadores LED, (precisión de lectura de 0.1°C en el rango de medida)	
Contacto de Alarma externa	Contacto SPST estándar (alarma de puerta)	
Cables de conexión eléctrica	Versión panel	Cable de varios hilos de máx. 1.5 mm ²
	DIN versión	Cable de varios hilos máx. 2.5 mm ²
Relés	Relé controlador	SPST NO, I máx. = 6 A óhmica / 3 A AC 15* inductiva
	Relé desescarce	SPST NO, I máx. = 6 A óhmica / 3 A AC 15* inductiva
	Relé ventilador	SPST NO, I máx. = 6 A óhmica / 3 A AC 15* inductiva
	Relé de alarma	SPST NC, I max. = 4 A ohmica / 1 A AC 15* inductiva I min. = 1 mA en 100 mV**
Temp. Ambiente	Funcionamiento	0 a +55°C
	Transporte	-40 a +70°C
Protección	Versión panel	IP 54
	Versión DIN	IP 20

Homologaciones	Directiva de Baja Tensión y estipulaciones EMC(interferencias electromagnéticas) para cumplimiento de marca CE : LVD según EN 60730-1 y EN 60730-2-9 EMC según EN 50081-1 y EN 50082-1
-----------------------	---

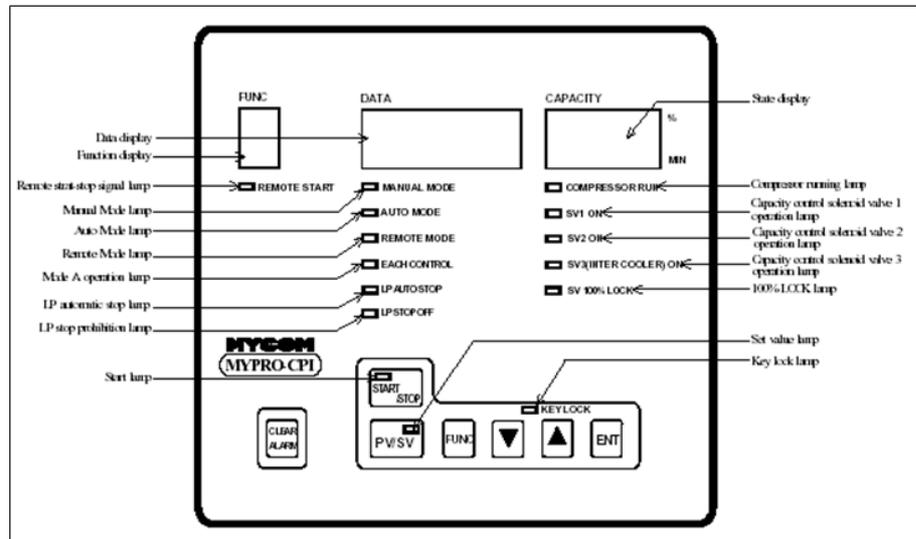
* Carga CA 15 según EN 60947-5-1

** Contactos dorados, aseguran un contacto a bajas cargas.

ANEXO 7

FUNCIONES DEL MICROPROCESADOR

NOMBRE	FUNCIÓN
Tecla FUNC (la Función)	La Función principal se cambia por cada pulso de la clave de FUNC. Después de 3 segundos, manteniendo pulsado SV se despliega, ENG. Instale el menú requerido.
Tecla PV/SV (PV/SV cambios)	Cambia el valor de proceso y el valor fijo por cada pulso. (Después de 5 segundos del pulso, el tiempo total de trabajo se despliega.)
Tecla (subir) Tecla (bajar)	Pone aumentos o disminuciones de valor por cada pulso. (La capacidad se aumenta o se disminuye si se mantiene pulsado durante un funcionamiento manual.)
Tecla Enter (ENT)	El valor fijado es registrado si la tecla se pulsa después de que el valor fijo se cambia.
Tecla START/STOP	En caso de Modo Automático/Manual, el arranque o parada del compresor está disponible pulsando esta tecla. (No disponible en caso del Modo Remoto.)
Tecla Borrar alarma (restablecer alarma)	Restablecer y reiniciar la alarma es disponible pulsando la tecla después de la parada de la alarma.



Descripción de lámparas de funciones

ANEXO 8

IDENTIFICACIÓN DE LAS LÁMPARAS EN EL MICROPROCESADOR

NOMBRE	FUNCIÓN
FUNC (la Función)	Indica la función.
DATOS (los Datos)	Indica los datos de la función seleccionada.
CAPACIDAD (Estado)	Indica la capacidad de compresor. Indica el nombre de artículo en caso de ENG. Instale el menú y el modo de ajuste de configuración. Indica un tipo de alarma a la condición de la alarma.
Lámpara de ARRANQUE REMOTO (arranque y parada remoto)	La luz roja indica encendido cuando las salidas esta en modo Remoto, indiferentemente del modo de trabajo.
La lámpara del MODO MANUAL	Una luz verde se enciende cuando el Modo Manual se ha seleccionado
La lámpara del MODO AUTO	Una luz verde se enciende cuando el Modo Automático se ha seleccionado.
La lámpara del MODO REMOTO	Una luz verde se enciende cuando el Modo Remoto se ha seleccionado.
La lámpara CONTROL DE CICLO (Modo A funcionamiento)	Una luz verde se enciende cuando el Modo A se ha seleccionado. Los parpadeos de luz de 3 segundos son para Controlar Ciclo Tiempo, en el Modo A.
la lámpara de PARADA AUTOMÁTICA LP(LP la parada automática)	Una luz verde se enciende e indica la parada automática en el modo automático y remoto.
Lámpara de PARADA POR LP (prohibición y parada por LP)	Una luz verde se enciende e indica la prohibición y parada por LP.
Lámpara FUNCIONAMIENTO COMPRESOR (trabajando)	Una luz roja se prendera cuando el compresor este en funcionamiento.
Lámpara SV1 ON (control de capacidad, válvula solenoide 1 en funcionamiento)	Una luz roja se encenderá cuando el control de capacidad varía cuando funciona la válvula solenoide 1.
Lámpara SV2 ON (control de capacidad, válvula solenoide 2 en funcionamiento)	Una luz roja se encenderá cuando el control de capacidad varía cuando funciona la válvula solenoide 2.
Lámpara SV3 ON (control de capacidad, válvula solenoide 3 en funcionamiento)	Una luz roja se encenderá cuando el control de capacidad varía cuando funciona la válvula solenoide 3.
Lámpara SV 100% (funcionamiento 100%)	Una luz roja se encenderá cuando esté en funcionamiento al 100% indiferentemente del modo de operación.
Lámpara de encendido	Una luz roja es cuando se pulse la tecla START/STOP sin tener en cuenta el modo del funcionamiento.
Lámpara de valor fijado.	Una luz verde se encenderá, durante se muestre el menú para cambiar los valores.

	<p>Una luz verde parpadeará durante ENG. Durante se muestre el menú para cambiar los valores.</p> <p>Una luz Verde se apaga cuando se salga de la lista de programación.</p>
Lámpara de seguro.	<p>El cambio de valor no está disponible cuando la luz verde se enciende.</p>

ANEXO 9

MODO DE AJUSTE DEL MICROPROCESADOR

Lámpara de valor fijado.	Función	Capacidad	Despliegue de contenido	Rango de ajuste	Valor inicial
Nuestra el valor de funcionamiento cuando la lámpara está apagada	S	Capacidad	Presión de succión	-29.9 ~ 145.0	-----
	H	Capacidad	Presión de descarga	-29.0 ~ 435.0	-----
	O	Capacidad	Presión diferencial de aceite (presión de descarga – presión de aceite)	-435.0 ~ 435.0	-----
	h1)	Capacidad	Temperatura de descarga	-76 ~ 284.0	-----
	o1)	Capacidad	Temperatura de aceite	-76 ~ 284.0	-----
Muestra el menú de ajuste cuando la lámpara está encendida	T	-----	Presión de arranque	-29.9 ~ 145.0	5.7
	L	-----	Presión de parada	-29.9 ~ 145.0	0.0
	S2)	-----	Tarjeta de presión de succión	-29.9 ~ 145.0	14.2
	S3)	100	Capacidad 100%	-29.9 ~ 145.0	35.6
	d	-----	Banda muerta	1.4 ~ 71.1	2.8
	t	-----	Control de ciclo de tiempo	0 ~ 120	30
	M	-----	Modo de operación	Auto (modo automático) rMMt (modo remoto) Manu (modo manual)	rMMt
ENG. Muestra el menú de programación cuando la luz parpadea	–	HP	Alta presión de descarga	-29 ~ 19.0	228
	–	OP	Baja presión de aceite (diferencial de presión)	36 ~ 435	36
	–	SP	Baja presión de succión	-29.9 ~ 145.0	-29.9
	–	Ht1)	Alta temperatura de descarga	0.0 ~ 100.0	100.0
	–	Ot1)	Alta temperatura de aceite	0.0 ~ 158.0	122.0
	–	ddS	Baja presión diferencial de succión y descarga	50 ~ 142	50
	–	PPd	Presión de corte de bomba	-29.9 ~ 145.0	-12.0
	–	tOC1)	Temperatura del suministro de liquido y del enfriador de aceite	0.0 ~ 284.0	30.0

–	tCP	Tiempo de retardo del control de capacidad.	0 ~ 600 sec.	30 sec.
–	tLP	Tiempo de retardo al paro por LP	0 ~ 600 sec.	20 sec.
–	tPd	Tiempo de parada de la bomba	0.1 ~ 54.0 min.	1.0 min.
–	tIt	Intervalo de tiempo de reinicio	0.0 ~ 30.0 min.	5.0 min.
–	tHg	Tiempo de descanso preventivo.	0.0 ~ 30.0 min.	15.0 min.
–	LCP	Ajuste del permiso de parada por LP	SÍ (Permiso) NO (Prohibición)	SÍ
–	ItP	Restablecer el ajuste de cada uno los tiempos	SI (Permiso) NO (Prohibición)	SÍ

- Los ajustes están disponibles cuando se usa el sensor de temperatura, el ajuste de los parámetros se usan en cualquier modo de configuración.
- Los ajustes está disponible cuando CnT (modo de control) el ajuste B (en el Modo B) al modo de ajuste de configuración. En el caso de A (en el modo A), no se muestra.
- Los ajustes están disponibles cuando CnT (modo control) el ajuste A (en el Modo A) al modo de ajuste de configuración. En caso de B (en el modo B), no se muestra.

ANEXO 10

ALARMAS DEL MICROPROCESADOR

Alarmas	Valor inicial fijo	Limite	Unidad
HP (Alta presión de descarga)	16.0	19.0	Kgf/cm ²
OP (Baja presión de aceite)	2.5	2.5	Kgf/cm ²
Ht (alta temperatura de descarga)	100.0	100.0	°C
SP (Baja presión de succión)	-1.0	-0.8	Kgf/cm ²
dS (baja presión diferencial de descarga y succión)	3.5	3.5	Kgf/cm ²
Ot (alta temperatura de aceite)	60.0	60.0	°C

ANEXO 11

AVERÍAS Y REPARACIONES

EL MOTOR NO FUNCIONA.

INDICACIÓN	CAUSAS POSIBLES	EFEECTO	REMEDIO
<p>1. El motor suena pero no arranca.</p> <p>La polea no gira con la mano cuando se quitan las correas.</p>	<p>A. El motor está averiado.</p> <p>B. La correa está demasiado tensa.</p> <p>C. La presión en el lado de alta y en el cárter es demasiado alta. La potencia necesaria para el arranque es excesiva.</p> <p>D. La tensión de alimentación está baja.</p> <p>E. La camisa de cilindro, pistón, segmentos, prensa o piezas que rozan al girar no están bien, es decir, están "gripadas" (agarrotadas) o a punto de "griparse".</p> <p>F. Conexiones de maniobra mal hechas. Equipo eléctrico inadecuado.</p>	<p>Se funden los fusibles Se funden los fusibles o se quema el motor.</p> <p>Se funden los fusibles o se quema el motor.</p> <p>Se quema el motor.</p> <p>La camisa, pistón o prensa se "gripan".</p> <p>Los automatismos se averían o se queman.</p>	<p>a) Inspeccionar, reparare o cambiar el motor.</p> <p>b) Destensar.</p> <p>c) Abrir la válvula by-pass (presión de baja en el cárter) para purgar la presión en el cárter. Cerrar la válvula de servicio en la aspiración y abrir válvula de Servicio en la descarga y arrancar de nuevo el compresor.</p> <p>d) Cambiar el motor.</p> <p>e) Desmontar e inspeccionar. Reparar o cambiar la pieza dañada</p> <p>f) Inspeccionar y reparar, o cambiar</p>
<p>2. No hay respuesta al apretar el botón de arranque.</p>	<p>A. Fusibles fundidos.</p> <p>B. Contactos defectuosos del contactor de arranque o el relé térmico no está rearmado.</p> <p>C. cable defectuoso o cortado en el sistema.</p> <p>D. El interruptor OP o el HP están aún sin rearmar.</p>	<p>El motor no funciona.</p> <p>El motor no funciona.</p> <p>El motor no funciona.</p> <p>El motor no funciona.</p>	<p>a) Inspeccionar y cambiar.</p> <p>b) Inspeccionar, reparar o cambiar, o rearmar el relé.</p> <p>c) Inspeccionar, reparar, o cambiar.</p> <p>d) Rearmar.</p>
<p>3. El motor funciona mientras se mantiene apretado el botón de arranque.</p>	<p>A. Conexiones de maniobra incorrectas.</p> <p>B. Contacto auxiliar defectuoso.</p>	<p>El motor no funciona.</p> <p>El motor no funciona.</p>	<p>a) Buscar el fallo y conectar correctamente.</p> <p>b) Inspeccionar, reparar o cambiarlo.</p>
<p>4. El motor se para instantes después del arranque.</p>	<p>A. Ha actuado el interruptor de OP por falta de presión de aceite.</p> <p>a) Falta de aceite.</p> <p>b) La presión de aceite es baja.</p> <p>B. La presión de descarga es demasiado alta y el interruptor HP ha actuado.</p> <p>a) El condensador está lleno de gases no condensables.</p> <p>b) La presión de aspiración es demasiado alta.</p> <p>C. Golpe de líquido. La presión aumenta. Se produce escarcha en el compresor. Dificultad en</p>	<p>El motor se para o las superficies móviles del compresor se "gripan".</p> <p>El motor se para o se quema por excesivo consumo</p> <p>No se puede continuar la marcha.</p>	<p>a) Reponer el aceite.</p> <p>b) Regularizar la presión de aceite.</p> <p>a) Purgar los gases no condensables.</p> <p>b) Aumentar la carga térmica de la instalación</p> <p>c) Evitar el golpe de líquido.</p>

	<p>la lubricación. Actúa el OP.</p> <p>D. Conexiones de maniobra o fuerza incorrectas.</p> <p>E. El relé térmico del contactor Ha actuado.</p> <p>F. El bimetálico del interruptor OP está todavía caliente.</p>	<p>El sistema de control se avería o se quema.</p> <p>El sistema de control se avería o se quema.</p>	<p>d) Inspeccionar y arreglar.</p> <p>e) Inspeccionar y arreglar la causa de la sobrecarga.</p> <p>f) Dejarlo enfriarse.</p>
--	--	---	--

LA PRESIÓN ESTÁ EXCESIVAMENTE ALTA EN LA DESCARGA.

INDICACIÓN	CAUSAS POSIBLES	EFEECTO	REMEDIO
1. El condensador está más caliente que lo normal. Los cabezales están demasiado calientes.	La cantidad de agua no es suficiente o su temperatura está muy alta. El agua de refrigeración no se distribuye uniformemente. Sus tuberías están deformadas o sucias.	Actúa el interruptor HP o salta la válvula de seguridad. El consumo de potencia aumenta considerablemente.	Incrementar la cantidad de agua, o bajar su temperatura. Distribuir uniformemente el agua o limpiar los tubos del condensador.
2. El agua en el condensador evaporativo está muy caliente.	El ventilador está averiado o las toberas y filtros obstruidos.	La capacidad de enfriamiento disminuye.	Inspeccionar, reparar y limpiar.
3. El condensador está caliente en la parte de entrada del refrigerante pero no a la salida.	El refrigerante o aceite se detiene en el condensador, reduciendo el área de enfriamiento. 1. Obstrucción entre condensador y recipiente. 2. Sobrecarga de refrigerante (el recipiente está lleno y el líquido va llenando el condensador).	La capacidad de enfriamiento se disminuye.	a) Inspeccionar, arreglar y eliminar obstrucciones. b) Extraer parte del refrigerante.
4. Oscila la aguja del manómetro de alta presión. Condensador ligeramente más caliente que lo normal.	A. Hay aire en el interior del condensador o el manómetro está averiado. B. El paso de gas está bloqueado ya que el separador de aceite está lleno.	La capacidad de enfriamiento disminuye.	a) Purgar el aire. b) Drenar el aceite.

LA PRESIÓN DE DESCARGA ESTÁ DEMASIADO BAJA.

INDICACIÓN	CAUSAS POSIBLES	EFEECTO	REMEDIO
1. El condensador y el recipiente están fríos.	La cantidad de agua de condensación es excesiva o la temperatura es baja.		Regular el caudal de agua maniobrando las válvulas.
2. Escarcha en las tuberías. La presión de	Las tuberías de líquido o de aspiración están obstruidas o son de poco diámetro.	Disminuye la capacidad de enfriamiento.	Regular válvulas. Inspeccionar y limpiar,

aspiración está muy bajá			
3. Escarcha en el cárter y los cabezales están fríos.	Compresión húmeda debido a que la válvula de expansión tiene demasiada abertura. La temperatura de aspiración es baja debido a golpe de líquido	Hay peligro que la sección de descarga del compresor se averíe con la compresión de líquido.	Ajustar la abertura de la válvula de expansión con el compresor en marcha.
4. La presión de aspiración está baja y las válvulas de expansión silban.	Hay poco refrigerante,	La cámara de enfriamiento no se enfría.	Cargar refrigerante.
5. Presión de aspiración alta.	Fuga de gas de las válvulas de aspiración, descarga, segmentos o asiento válvula bypass.	La capacidad disminuye.	Inspeccionar las válvulas y segmentos, y reparar.

LA PRESIÓN DE ASPIRACIÓN ESTÁ DEMASIADA ALTA.

INDICACIÓN	CAUSAS POSIBLES	EFECTO	REMEDIO
1. Escarcha en la carcasa.	La válvula de expansión está demasiado abierta.	Compresión del refrigerante en forma líquida. Golpe de líquido.	Regular el funcionamiento (cerrar la válvula de expansión).
2. Aumenta la intensidad absorbida por el motor.	Aumento de la carga.	El motor se quema.	Regular el funcionamiento.
3. La presión de descarga hasta baja. No escarcha en la aspiración	El rendimiento del motor disminuye. (Fuga de gas en las válvulas de aspiración, descarga, camisa o válvula de seguridad.)	La cámara de enfriamiento no se enfría.	Desmontar e inspeccionar. Sustituir las piezas averiadas,

LA PRESIÓN DE ASPIRACIÓN ESTÁ DEMASIADO BAJA.

INDICACIÓN	CAUSAS POSIBLES	EFECTO	REMEDIO
1. Temperatura de la cámara o de la salmuera está alta, no correspondiendo a la presión de aspiración.	Hay poca cantidad de refrigerante o la válvula de expansión está demasiado cerrada.	La cámara de enfriamiento no se enfría.	Añadir refrigerante o regular el funcionamiento.
2. Golpes de líquido cuando se abren las válvulas de expansión.	A. Acumulación de aceite en el serpentín de enfriamiento. B. Se acumula demasiada escarcha o hielo en la superficie del serpentín de enfriamiento.	Bajo rendimiento de refrigeración.	a) Drenar el aceite. b) Eliminar la escarcha
3. La presión de aspiración	A. Los diámetros del serpentino y de tuberías	Las cámaras no se enfrían.	a) La disposición de las tuberías o el diseño

baja comparada a la temperatura de la cámara o temperatura de la salmuera desde la puesta en marcha.	de aspiración son pequeños para su longitud o hay mucha pérdida de carga. B. Los filtros de compresor de las líneas de aspiración están obstruidos con herrumbre o polvo.		equivocado. Inspeccionar y corregir. b) Limpiar
--	--	--	--

RUIDOS ANORMALES EN EL COMPRESOR DURANTE SU FUNCIONAMIENTO.

INDICACIÓN	CAUSAS POSIBLES	EFECTO	REMEDIO
1. Ruido de golpeteo continuo y metálico.	A. Partículas extrañas entre cabezal de cilindro y pistón. B. Las válvulas de descarga, aspiración, segmentos dañados.	Hay peligro de que la sección de descarga, el pistón, o el cigüeñal se rompan.	a) Desmontar, reparar o cambiar. b) Desmontar y cambiar,
2. El prensa se calienta	C. Abrasión, agarrotamiento o rotura de partes metálicas. D. Presión de alta demasiado elevada. E. La bomba de aceite está averiada.	Peligroso. Hay peligro de agarrotamiento-	c) Desmontar y cambiar. (Tener cuidado pues la avería puede ser causada por la obstrucción de la tubería de engrase.) d) Parar inmediatamente, investigar la causa y cambiar. e) Parar inmediatamente, investigar la causa y cambiar.
3. El cárter se cubre de escarcha	Golpe de líquido.	La sección de descarga o de pistón se rompe.	Cerrar la válvula de expansión durante el funcionamiento. Si el ruido es muy fuerte, cerrar la válvula de aspiración y abrirla poco a poco.
4. Fuerte ruido alrededor de los cabezales de descarga.	F. Golpe de líquido.	La sección de descarga o el pistón se rompen.	f) Evitar el consumo excesivo de aceite. (Si hay golpe de líquido al mismo tiempo, seguir los pasos antes mencionados a la vez.)

EXCESIVO CALENTAMIENTO DE CÁRTER

INDICACIÓN	CAUSAS POSIBLES	EFECTO	REMEDIO
1. El cabezal está demasiado caliente. 1) La presión de descarga está alta.	A. Incremento de la relación de compresión debido al aumento de la temperatura de condensación o incremento de la carga de refrigeración.	Consumo de aceite. Aumenta la cantidad de agua en la carbonilla o escoria adherida.	a) Aumentar la cantidad de agua en el condensador, o introducirla a temperatura más baja
2. La presión de aspiración está alta.	B. Se acumula carbonilla o escoria u obstruye el paso del gas debido a la combustión del aceite de	Abrasión o rotura de alguna parte metálica y agarrotamiento en la	b) Desmontar, inspeccionar y limpiar o cambiar.

	lubricación. C. El plato de la válvula de descarga está roto o hay fuga de gas.	camisa de cilindro. Disminuye la capacidad de enfriamiento	c) Desmontar, inspeccionar y cambiar. Bajar la presión en el lado de alta.
2. Aumenta la temperatura de aceite.	El enfriador de aceite no trabaja bien o hay poca cantidad de aceite. La bomba está caliente debido a que el aceite está sucio o el filtro obstruido.	Se adhiere aceite carbonizado o escoria o se producen agarrotamiento.	Limpiar el enfriador de aceite. Aumentar la cantidad de agua de enfriamiento. Cambiar el aceite, limpiar filtro de aceite.
3. El agua de enfriamiento del compresor no circula bien.	Hay poca cantidad de agua o su paso está obstruido.	Abrasión o agarrotamiento en alguna parte metálica o se adhiere carbonilla o escoria en la descarga.	Limpiar el enfriador de aceite, Aumentar la cantidad de agua de enfriamiento.
4. El prensa se calienta	La parte móvil está a punto de agarrotarse.	La parte móvil se agarrota o se rompe.	Reparar o cambiar.

CONSUMO EXCESIVO DE ACEITE

INDICACIÓN	CAUSAS POSIBLES	EFECTO	REMEDIO
1. El cárter se escarcha con facilidad.	El golpe de líquido provoca la ebullición en el aceite.	El compresor se parará.	Regular el funcionamiento
2. No se encuentra ningún fallo especial.	El orificio de equilibrio del cárter está obstruido (o demasiado abierto en caso de funcionamiento en vacío), o el filtro de aspiración está obstruido.	Se presentarán golpes de aceite	Inspeccionar y limpiar los orificios o el filtro.
3. El cabezal está demasiado caliente.	Se pierde aceite al quemarse debido a que la presión está demasiado alta.	Se acumula carbonilla o escoria.	Bajar la presión en el lado de alta.
4. Aumenta la intensidad. (Consumo excesivo de energía con carga térmica normal.)	La camisa de cilindro está rota o agarrotada o bien los segmentos están desgastados o rayados	La camisa o el pistón se agarrotan.	Inspeccionar, regular o cambiar.
5. La presión de aceite está demasiado alta.	La presión de aceite está muy alta siendo la viscosidad normal.	Se presentarán golpes de aceite.	Regular la presión de aceite.
6. La presión de aceite está baja.	El aceite ha perdido su viscosidad. (Hay burbujas o la temperatura de aceite aumenta.)	Se agarrotan las partes móviles.	Regular o cambiar el aceite.
7. El cárter está demasiado caliente.	Recalentamiento excesivo debido a que la presión en el lado de alta está muy grande.	La viscosidad de aceite disminuye. Se adhiere carbonilla o escoria.	Cambiar el aceite por el otro que tenga la viscosidad idónea. Bajar la presión del lado de alta.

AVERÍAS DE COMPRESOR

CLASE DE AVERÍA	CAUSA
Paro del compresor debido a fallo eléctrico.	Motor averiado. Desconexión, agarrotamiento defectuoso, falta de aceite. Los elementos que componen el sistema de maniobra o los de seguridad del panel de control, están malos o no están regulados correctamente.
Avería debido a un defecto del compresor.	Agarrotamiento, abrasión o rotura de piezas, montaje imperfecto, empleo de material defectuoso. Fuga de las válvulas de seguridad. El compresor se para debido al deterioro del aceite lubricante, o agarrotamiento y carbonillas como consecuencia de la mezcla de diferentes tipos de aceite.
Avería debido al mal montaje de acoplamiento, polea y/o correas.	Rotura. Deslizamiento o destensado de correas. Desequilibrio de volante. Sección trapezoidal o paso incorrecto de los canales de volante. Alineación incorrecta.
Calentamiento excesivo	Excesiva presión del lado de alta. Poca cantidad de agua de enfriamiento, agua o aceite sucio, obstrucción de las camisas de enfriamiento. Abertura insuficiente de las láminas debido a la acumulación de carbonilla o escoria, es decir las válvulas no funcionan bien. Agarrotamiento de las partes metálicas o móviles. Poca cantidad de aceite.
Hay mucho ruido.	Alta relación de compresión. Partes móviles o metálicas con desgaste u holguras exageradas. Insuficiencias en la presión de aceite o poca cantidad del mismo. Los resortes de seguridad no retornan a su posición original, por haber perdido la elasticidad y se mueven en sus asientos. Golpeteo causado por el golpe de líquido.
Demasiada vibración de compresor.	Los tornillos de sujeción del compresor están flojos. La base de hormigón está defectuosa. Montaje inadecuado de tuberías. Desequilibrio en la polea de motor y otras partes móviles. Desalineación de correas. Resonancia en el edificio.
Consumo excesivo de aceite.	Mezcla de aceite con el líquido en caso de golpe de líquido. Cuando se hace vacío en el cárter cerrando repentinamente la válvula de aspiración. Cuando el flujo de gas no es uniforme. Cuando el cárter está excesivamente caliente, o hay desgaste anormal de los segmentos, o se raya el pistón y la camisa, o la presión de aceite es excesivamente alta.
El aceite lubricante está amarillo, sucio o estropeado.	Ha entrado agua en el cárter. Restos metálicos o escorias producidas por soldadura en la instalación que al mezclarse con el aceite lo ensucian. Mezcla de diferentes tipos de aceite. Oxidaciones en las tuberías que ensucian el aceite. Al utilizar agua de mar como agua de enfriamiento puede ocurrir que el enfriador de aceite se corra y al producirse la fuga se mezclen agua y aceite.
Escape de aceite en el conjunto prensa,	Desajuste o mal montaje. Desgaste del anillo de cierre giratorio. Mal cierre como consecuencia del deterioro de las juntas tóricas. La indicación de manómetros no es correcta. Inadecuada presión de aceite o gas. Camisa de enfriamiento de agua rota por congelación. En lugares muy fríos, especialmente en invierno, se puede romper la camisa por congelación de agua, si no se vacía mediante el grifo de purga.

CONTROL DE COMPRESOR MYCOM DURANTE EL FUNCIONAMIENTO

	Compresor en condiciones normales	Compresor en Condiciones anormales	Causa	Remedio
Presión en el lado de alta	Amoníaco y R -22 8 – 13.5 Kg / cm ² (114 – 190)psig R -12 6 – 9 Kg / cm ² (85 – 130) psig	Más alta que 190 psig (13.5 Kg / cm ²) o 130 psig (9 Kg / cm ²) respectivamente.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Agua de condensación escasa o temp. Muy alta. 2. Condensador sucio. 3. Exceso de refrigerante. El recipiente está lleno y ocupa parte del condensador. 4. Hay aire en el sistema. Oscila la aguja del sistema. 5. Es insuficiente la capacidad del condensador. 	<p>Aumentar la cantidad de agua de condensación.</p> <p>Limpiar. Ajustar la cantidad de refrigerante.</p> <p>Purgar el aire.</p> <p>Instalar otra unidad adicional.</p>
		Más baja que 114 psig (8 Kg / cm ²) o 85 psig (6 Kg / cm ²) respectivamente	<ol style="list-style-type: none"> 1. Hay poco refrigerante o hay fugas. 2. Baja temperatura de condensación. 	<p>Ajustarlo.</p> <p>No necesita solución.</p>
Presión en el lado de baja	<p>Amoníaco. Cámara de congelación. 250 mmHg – 0.5 Kg / cm². (0.9 in Hg – 7 psig)</p> <p>Conservacion. 0 – 0.7 Kg / cm² (0 – 10) psig Fábrica de hielo 1 – 1.6 Kg / cm² (14 – 23)psig</p> <p>R -12 1.5 – 3.0 Kg / cm² (21-41)psig</p>	No está dentro de los límites indicados.	<p>En caso que la presión en el lado de baja sea muy baja:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La válvula de expansión está demasiado cerrada u obstruida. 2. Hay aceite retenido en el evaporador. 3. El evaporador está muy escarchado. 4. La temperatura está por debajo del valor especificado. <p>Caso de que la presión del lado de baja este alta (no se enfría la cámara de refrigeración)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Aumento de la carga de refrigeración. 2. Disminuye la capacidad de refrigeración. 3. Fuga de refrigerante. 	<p>Dejar que circule el refrigerante.</p> <p>Drenar el aceite.</p> <p>Desescarche.</p> <p>Controlar la capacidad.</p> <p>Instalar otra unidad.</p> <p>Inspeccionar, ajustar y controlar la capacidad. Inspeccionar y ajustar.</p>
Presión de aceite	Presión en el lado de baja + 1.2 – 2 Kg / cm ² (17 – 28) psig. El aceite se puede ver a través del visor.	Superior a los límites indicados	<ol style="list-style-type: none"> 1. La presión de aceite no está ajustada correctamente. 2. Se endurece o se hace más viscoso el aceite como resultado de golpe de líquido. 	<p>Abrir la válvula reguladora de presión de aceite.</p> <p>Cerrar la válvula de expansión.</p>
		Inferior a los límites indicados.	<ol style="list-style-type: none"> 1. La viscosidad disminuye debido al aumento en la presión de aceite. 2. El filtro cunó obstruido. 3. Deterioro del aceite. 4. La bomba de aceite esta averiada. 	<p>Regular la presión de aceite.</p> <p>Limpiar el filtro. Cambiar el aceite. Inspeccionar y reparar.</p>

Temperatura sección de descarga	<p>Amoníaco y R- 22 80 – 140 °C (176 – 284°F) R -12 40 – 90 °C (104 – 194°F)</p>	Superior a los límites indicados.	<ol style="list-style-type: none"> 1. La presión anormalmente alta. 2. Aumento de la relación de compresión. 3. Falta de agua de refrigeración. 4. Fuga de gas (en los segmentos, camisa o laminas) 5. Obstrucción debido a la adhesión de escoria y carbonilla en la sección de descarga. 6. Obstrucción del filtro de aspiración. 7. La camisa esta rayada. 8. Recalentamiento excesivo. 	<p>Ver presión en el lado de alta. Ver presión en el lado de alta. Aumentar la cantidad de agua. Inspeccionar y reparar.</p> <p>Limpiar.</p> <p>Limpiar.</p> <p>Cambiar. Regular válvula de expansión.</p>
		Inferior a los límites indicados.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Golpe de líquido. 2. El mecanismo de descarga está en condiciones de descarga. 3. La presión del lado de alta esta baja. 	<p>Cerrar la válvula de expansión. Investigar la causa y ajustar.</p> <p>Inspeccionar.</p>
Temperatura conjunto prensa.	<p>30- 55 °C (86 – 131 °F)</p> <p>Lugares de inspección: a) Bomba de aceite. b) Sección de la prensa en el lado del volante.</p>	Superior a los valores indicados.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Presión de alta excesiva. 2. Recalentamiento excesivo. 3. Agua insuficientes en las camisas de refrigeración del compresor. 4. Obstrucción de la camisa de agua de refrigeración. 5. Aumento de la temperatura de aceite. 6. Aumento de la relación de compresión. 7. Problemas de la bomba de aceite. 8. La sección de funcionamiento esta rayada. 9. Obstrucción de los orificios de engrase. 	<p>Baja presión del lado de alta. Ajustar la válvula de expansión. Aumentar la cantidad de agua.</p> <p>Limpiar.</p> <p>Bajar la temperatura. Limpiar el enfriador de aceite. Bajar la presión en el lado de alta. Inspeccionar y reparar.</p> <p>Inspeccionar y reparar.</p> <p>Inspeccionar y reparar.</p>
		Inferior a los límites indicados.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Golpe de líquido. 	<p>Regular la válvula de expansión. Aumento de la temperatura de aceite.</p>
Consumo eléctrico	Dentro de la intensidad especificada (ver especificaciones del motor, capacidad y potencia del compresor.)	Mayor que la especificada.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aumento de la carga de refrigeración. 2. Presión alta tanto en el lado de alta como en el lado de baja. 3. Cae la tensión. 4. Desgaste del compresor. 5. Problemas con el motor, como calentamiento excesivo. 	<p>Poner al mecanismo de descarga en funcionamiento, instalar una unidad adicional o cerrar la válvula de expansión. Regular. Inspeccionar y reparar.</p> <p>Inspeccionar y reparar.</p>

		La aguja del amperímetro oscila.	1. Terminales dañados o no hacen buen contacto.	Inspeccionar y reparar.
Tensión	Según se especifica	Más baja que el valor especificado	1. Se dispone de poca potencia. 2. Abastecimiento insuficiente de energía.	Ponerse en contacto con la empresa de servicio eléctrico.

INSTALACIÓN NO ENFRÍA LO NECESARIO.

Señal	Causa	Remedio
La presión en el lado de baja no desciende.	<ol style="list-style-type: none"> Capacidad insuficiente de: <ol style="list-style-type: none"> Compresor. Evaporador. Condensador. Carga excesiva. Aislamiento insuficiente o deterioro del material aislante. Presión anormalmente alta. Fuga de refrigerante. 	<p>Inspeccionar. si no hay nada anormal instalar una unidad adicional.</p> <p>Instalar una unidad adicional.</p> <p>Instalar una unidad adicional.</p> <p>Instalar una unidad adicional.</p> <p>Si es temporal continuar la operación, si es continuo instalar una unidad adicional.</p> <p>Inspeccionar y reparar.</p> <p>Reducir la presión en el lado de alta aumentando el agua de condensación, limpiando el condensador, purgando el aire o instalando una unidad adicional.</p> <p>Inspeccionar y reparar.</p>
<p>La presión en el lado de baja es baja.</p> <p>La línea de aspiración no se escarcha.</p> <p>Puede haber golpe de líquido.</p>	<ol style="list-style-type: none"> Mucho recalentamiento (demasiado cerrada la válvula de expansión). Superficie de enfriamiento pequeña. Demasiado escarcha en el evaporador. Hay aceite estacionado en el evaporador. La línea de aspiración es demasiado pequeña. 	<p>Ajustar (abrir) la válvula de expansión.</p> <p>Instalar una unidad adicional.</p> <p>Desescarche.</p> <p>Drenar el aceite.</p> <p>Aumentar la sección de la tubería.</p>
<p>La presión del lado de baja es excesiva.</p> <p>El recipiente está lleno de líquido.</p>	<ol style="list-style-type: none"> Poca agua de condensación o su temperatura muy alta. La capacidad del condensador es insuficiente. Los tubos del condensador están sucios. Sobre carga de refrigerante. Obstrucción de la línea de líquido. 	<p>Incrementar la cantidad de agua.</p> <p>Incrementar una unidad adicional.</p> <p>Limpiar.</p> <p>Extraer el refrigerante.</p> <p>Reparar la tubería.</p>
Consumo excesivo de aceite (aumenta la temperatura del lado de descarga).	<ol style="list-style-type: none"> Segmentos de compresión en mal estado. Desgaste o rayaduras. Fuga de refrigerante 	<p>Reemplazarlos.</p> <p>Inspeccionar y reparar.</p> <p>Inspeccionar y reparar.</p>

BIBLIOGRAFÍA

- 1 BAUMEISTER, T. Manual del Ingeniero Mecánico. 3ra.ed. México: McGraw Hill, 1990
- 2 CHASE, P. Administración de Producción y Operaciones. 2da.ed. México: McGraw Hill, 2000.
- 3 RENDER, B. Principios de Administración de Operaciones. España: Prentice- Hall, 1995.
- 4 SALVENDY, G. Biblioteca del Ingeniero Industrial. 2da.ed. México: Limusa S.A., 1990.
- 5 SIPPER, D. Planeación y Control de la Producción. 2da.ed. México: McGraw Hill, 1998.
- 6 ROY, J. Principios de Refrigeración. 19na.ed. México: Irwin, 1999.
- 7 HERNÁNDEZ, E. Calefacción, Aire acondicionado y Refrigeración (tomo 2). México: 1990.
- 8 MANUAL DE REFRIGERACION Y DE AIRE ACONDICIONADO. ARI, Tomos I, II, III. 3ra.ed. México, 1999.
- 9 PAÚL, T. Modulo de Capacitación para Sistemas de Refrigeración. 2da.ed. Canadá: Lab-Volt, 1987.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ¹ TECUMSEH. Refrigeración y Gases Alternativos. 2da.ed. Brasil: 1995 pp. 11.
- ² AGUILÓ R. Curso de Refrigeración Básica. 2da.ed. México: 2005. pp. 4-12
- ³ SUMMIT RHT-68. Manual de lubricantes. 4ta.ed. Brasil: pp. 7-13
- ⁴ KLAUS P. Refrigeración. 5ta.ed. Chile: 2001. pp. 2-10
- ⁵ NORMAS UNE. Recipientes a Presión. 4ta.ed. España: 2004. pp. 128-200
- ⁶ REFRICOLOMBIA. Seminario Refrigeración Industrial. Colombia: 2008. pp. 17-25
- ⁷ García L. BIR Refrigeración. 2da.ed. Colombia: 2006. pp. 4-10

BIOGRAFÍA

DATOS PERSONALES:

Nombres y Apellidos: Segundo José Yucta Montero

Fecha de Nacimiento: 23 de Enero de 1971

Lugar de Nacimiento: Riobamba

Cedula de Identidad: 060258059-9

Estado Civil: Soltero

Teléfono: 032962978

MAIL: sjymontero@hotmail.com

FORMACIÓN ACADÉMICA:

PRIMARIA: Escuela Fiscal “Nicanor Larrea”.- Riobamba

SECUNDARIA: ITES “Carlos Cisneros”.- Riobamba

Bachiller Técnico en Mecánica Industrial

SUPERIOR: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Tecnólogo en Mantenimiento Industrial.

Egresado de Ingeniería de Mantenimiento.

FORMACIÓN COMPLEMENTARIA:

- Curso de Seguridad Industrial. SECAP – RIOBAMBA.
- Seminario de Dirección de Personal ESPOCH – RIOBAMBA.
- Curso de Fiabilidad, Manteniabilidad, y Disponibilidad ESPOCH – RIOBAMBA.
- Seminario de Control de Calidad Total ESPOCH – RIOBAMBA.
- Seminario de Lubricación Básica MOVIL

- Seminario de Lubricantes Automotrices TEXACO
- Seminario de Seguridad Industrial ARSEG
- Manejo Eficiente de Montacargas EXIMP
- Informática Básica ESPE
- Liderazgo Personal Atención al Cliente DHE

EXPERIENCIA PROFESIONAL:

Mecánico de Planta

PRONACA – BUCAY

Mecánico de Planta

PRODUCTOS FAMILIA DEL ECUADOR

BIOGRAFÍA

DATOS PERSONALES:

Nombres y Apellidos: Segundo Fabián Cajo Yumisaca

Fecha de Nacimiento: 30 de Octubre de 1982

Lugar de Nacimiento: Riobamba

Cedula de Identidad: 060358256-0

Estado Civil: Casado

Teléfono: cel. 093875325

MAIL: fabianchys@hotmail.com

fabiancajo@yahoo.es

FORMACIÓN ACADÉMICA:

PRIMARIA: Escuela Fiscal “Juan de Velasco”.- Riobamba

SECUNDARIA: Colegio Técnico Miguel Ángel León Pontón.- Riobamba

Bachiller Técnico en Refrigeración y Aire Acondicionado

SUPERIOR: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Egresado de Ingeniería de Mantenimiento.

FORMACION COMPLEMENTARIA:

- Seminario Auto Cad 3d ESPOCH – RIOBAMBA.
- Seminario de Soldadura de Arco Eléctrico y Disponibilidad ESPOCH – RIOBAMBA.
- Seminario de Programación de Controles Lógicos ESPOCH – RIOBAMBA.
- Seminario de Refrigeración Industrial con Amoníaco MYCOM - GUAYAQUIL

- Seminario de Control de Calidad PRONACA – BUCAY
- Seminario de Seguridad Industrial PRONACA – BUCAY
- Seminario de Buenas Practicas de Manufactura PRONACA – BUCAY
- Seminario de Riesgos Eléctricos PUNTELEC – BUCAY

EXPERIENCIA PROFESIONAL:

Mecánico de Refrigeración

IMEC FRIOSISTEMAS - RIOBAMBA

Mecánico de Planta

PRONACA – BUCAY