



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

**MANUAL DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO DE UNA UNIDAD DE REFRIGERACIÓN
VILTER, MODELO 450XL, EN EL PROCESO DE
PRODUCCIÓN DE EMULSIONES ALIMENTICIAS**

Alejandro José Oliva Cordero

Asesorado por el Ing. Fidel Antonio Oliveros Castañeda

Guatemala, mayo de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MANUAL DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y
MANTENIMIENTO DE UNA UNIDAD DE REFRIGERACIÓN
VILTER, MODELO 450XL, EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN
DE EMULSIONES ALIMENTICIAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR**

**ALEJANDRO JOSÉ OLIVA CORDERO
ASESORADO POR EL ING. FIDEL ANTONIO OLIVEROS CASTAÑEDA**

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, MAYO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO: Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I:
VOCAL II: Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III: Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV: Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V: Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA: Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO: Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR: Ing. Hugo Leonel Ramirez Ortiz
EXAMINADOR: Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
EXAMINADOR: Ing. Julio Molina Zaldaña
SECRETARIO: Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración el trabajo de graduación titulado:

MANUAL DE INSTALACIÓN, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE UNA UNIDAD DE REFRIGERACIÓN VILTER, MODELO 450XL, EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE EMULSIONES ALIMENTICIAS,

tema que me fuera asignado por la coordinación de la carrera de Ingeniería Mecánica, el 26 de abril de 2005.

Alejandro José Oliva Cordero

AGRADECIMIENTO A:

DIOS

MI FAMILIA

Mis padres, José Oliva, Ruth
Cordero de Oliva y
a mi hermano Otto Oliva

MI ASESOR

Ing. Fidel Antonio Oliveros

MIS AMIGOS

En especial a Gustavo

FACULTAD DE INGENIERÍA

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XI
OBJETIVOS	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. PROCESO DE CRISTALIZACIÓN DE EMULSIONES LÍPIDAS	1
2. INSTALACIÓN DE LA UNIDAD	5
2.1. Localización de la unidad	5
2.1.1. Drenajes	5
2.1.2. Ventilación	5
2.1.3. Espacio de servicio	6
2.2. Cimentación	6
2.2.1. Instalación de la unidad sobre el suelo	7
2.2.2. Formas y patrones	8
2.2.3. Construcción de la losa de concreto reforzada	10
2.2.4. Concreto	10
2.2.5. Nivelación del compresor	11
2.3. Instalación de las bandas de transmisión	11
2.3.1. Método de instalación de las bandas	13
2.3.2. Consideraciones generales para el ajuste de bandas tipo V	16
2.3.3. Ajuste de bandas tipo V individuales	16
2.3.4. Ajuste de bandas tipo V unidas	18

2.4.	Instalación de los accesorios del equipo	18
2.4.1.	Separador de aceite	18
2.4.2.	Calentador del depósito de aceite	20
2.4.3.	Enfriador de aceite	22
2.4.4.	Cubiertas de cilindros enfriados por agua	23
2.4.5.	Válvula reguladora de flujo de agua	23
2.4.6.	Dispositivos de seguridad	24
2.4.7.	Equipo eléctrico	25
2.5.	Verificación de fugas en el sistema de refrigeración	25
2.5.1.	Verificación de fugas en un sistema de amoníaco	26
2.5.2.	Evacuación del sistema	27
2.6.	Proceso de carga de aceite al compresor	30
2.7.	Proceso de carga de refrigerante al compresor	30
2.7.1.	Inspección del equipo	31
2.7.2.	Carga de refrigerante	32
2.8.	Primer encendido	35
2.8.1.	Verificación de los controles	35
2.8.2.	Precauciones finales	35
2.9.	Especificaciones de torque	36
2.9.1.	Herramientas para aplicar torque	37
2.9.2.	Consideraciones sobre incorrecta aplicación del torque en los componentes de la unidad	37
3.	OPERACIÓN DEL EQUIPO	39
3.1.	Combinación de descarga y control de capacidad	39
3.1.1.	Descarga operada por aceite	39
3.2.	Controles automáticos	40
3.2.1.	Interruptor de presión dual	40
3.2.2.	Interruptor de falta de aceite	41
3.2.3.	Interruptor de alta presión	41
3.2.4.	Control de capacidad	42
3.2.5.	Interruptor de presión diferencial del filtro de aceite	42

3.3.	Sistema de protección de arranque en frío	43
3.3.1.	Filtro micrónico e interruptor de presión diferencial	43
3.4.	Sistema de aceite al compresor	44
3.4.1.	Válvula reguladora de aceite	45
3.4.2.	Arreglo para drenar aceite de la primera etapa	46
3.5.	Enfriador y superenfriador	46
4.	MANTENIMIENTO E INSPECCIÓN	53
4.1.	Instrucciones generales de mantenimiento	53
4.1.1.	Consideraciones generales	53
4.1.2.	Preparación del compresor para el mantenimiento	53
4.1.2.1.	Extracción del refrigerante	53
4.1.2.2.	Remoción del aceite	55
4.1.3.	Preparación del compresor post-mantenimiento	55
4.2.	Mantenimiento de las cubiertas de los cilindros	56
4.2.1.	Desensamble	56
4.2.2.	Ensamble	57
4.3.	Mantenimiento de asientos de válvulas de succión y descarga	58
4.3.1.	Desensamble	58
4.3.2.	Ensamble	60
4.4.	Mantenimiento de las bandas tipo V	61
4.4.1.	Remoción de la banda	61
4.4.2.	Remoción del volante	62
4.4.3.	Reparaciones	62
4.4.4.	Instalación de las bandas	63
4.4.4.1.	Alineación	63
4.4.4.2.	Tensión de las bandas	63
4.5.	Mantenimiento del mecanismo de ajuste de presión de aceite	65
4.5.1.	Desensamble	65
4.5.2.	Ensamble	65
4.6.	Mantenimiento de filtro micrónico	66
4.6.1.	Remoción de filtro	66

4.6.2.	Reemplazo del filtro	66
4.7.	Mantenimiento del cárter de aceite	67
4.7.1.	Remoción del empaque del cárter	67
4.7.2.	Instalación de un nuevo empaque	68
4.8.	Mantenimiento de los pistones de compresión y descarga	69
4.9.	Anillos de elevación para el sistema de descarga	71
4.9.1.	Desensamble	71
4.9.2.	Ensamble o reemplazo	71
4.9.3.	Reemplazo de las camisas	71
4.10.	Mantenimiento del enfriador de aceite	72
4.10.1.	Inspección	72
4.10.2.	Desensamble y limpieza	72
4.11.	Sugerencias de mantenimiento	73
4.11.1.	Inspección diaria	73
4.11.2.	Inspección semanal	74
4.11.3.	Mantenimiento mensual	74
4.11.4.	Mantenimiento anual	75
	CONCLUSIONES	77
	RECOMENDACIONES	79
	BIBLIOGRAFÍA	81
	ANEXOS	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Intercambiador de calor Perfector	3
2. Típica instalación del compresor sobre el suelo	8
3. Forma para la losa de concreto	9
4. Bandas y ruedas de transmisión del compresor	12
5. Alineación de las bandas	15
6. Típica instalación del separador de aceite y tuberías	19
7. Tapa de acceso al cárter de aceite	21
8. Enfriador de aceite	22
9. Diagrama de flujo de refrigerante por el interenfriador	49
10. Diagrama de flujo de refrigerante por el superenfriador	51
11. Perno de ensamble y desensamble	56
12. Sección transversal superior del cilindro	58
13. Mecanismo de control de capacidad	60
14. Escala de resorte	64
15. Herramienta para compresión de anillos	70
16. Componentes del marco del compresor	83
17. Componentes de cigüeñal y cojinete frontal	85

TABLAS

I Detalle de la figura 15. Componentes del marco compresor	84
II Detalle de la figura 16. Componentes del cigüeñal	86
III Especificaciones de torque	87
IV Límites del compresor	88

LISTA DE SÍMBOLOS

°F	Grados Fahrenheit.
°C	Grados centígrados.
psi	Libras por pulgada cuadrada.
Hp	Caballo de fuerza.
RPM	Revoluciones por minuto.
Lb.Ft	Libras por pie
mm	milímetros.
m³/s	metros cúbicos por segundo.
cm	Centímetros.
N	Newton.
Kpa	Kilopascal.

GLOSARIO

Amoníaco	Gas de olor picante, incoloro, de fórmula NH_3 , muy soluble en agua. Es utilizado como refrigerante debido a sus propiedades.
Banda tipo V	Dispositivo utilizado para transmitir potencia entre un impulsor y un receptor de potencia. Su sección transversal es de forma en V.
Cabeza de presión	Es la fuerza por unidad de área específica, ejercida sobre un fluido para mantener un flujo uniforme de líquido.
Cárter	Depósito donde es vertido el aceite de lubricación del compresor.
Conductividad térmica	Constante de proporcionalidad entre la rapidez de transmisión de calor, y el gradiente de temperatura.

Cristalino	Que está constituido por átomos apilados con un patrón regular y repetitivo.
Emulsión	Es una dispersión coloidal de partículas líquidas en otro líquido.
Micrónico	Que opera en el rango de milésima de milímetro.
Sensor	Dispositivo que convierte una señal mecánica en una señal eléctrica proporcional.
Termostato	Dispositivo que regula automáticamente la temperatura de un sistema, manteniéndola constante o variándola dentro de un rango específico. Los termostatos se usan mucho en hornos industriales, sistemas de calefacción y en otras aplicaciones de ingeniería, en las que un proceso debe tener lugar a temperaturas controladas.

RESUMEN

El presente trabajo de graduación establece los parámetros necesarios para la instalación, operación y mantenimiento de una unidad de refrigeración Vilter, modelo 450 XL.

En el presente trabajo de graduación, se proporciona una descripción de el proceso donde se utiliza la unidad de refrigeración, el cual es el enfriamiento de emulsiones alimenticias, siendo la unidad de refrigeración una parte muy importante para el control de calidad de las mismas.

Se proporcionan los diferentes parámetros de instalación de la unidad, así como los diferentes componentes de la misma. Dentro de los parámetros proporcionados se incluye el ensamble y desensamble de los mismos.

La operación de la unidad es una parte muy importante, por lo que se proporciona en el trabajo una lista de pasos a seguir, para que el funcionamiento de la unidad y de sus componentes sea óptimo, para alcanzar la calidad deseada en el producto terminado.

El mantenimiento de la unidad y sus componentes es una parte vital en el funcionamiento de la unidad, por lo que se incluye planes de mantenimiento diario, mensual y anual para evitar paros inesperados y afectar la productividad de la empresa.

OBJETIVOS

- **General**

Proporcionar una guía con las instrucciones de instalación, operación y mantenimiento de una unidad de refrigeración Vilter, modelo 450XL, en el proceso de producción de emulsiones alimenticias.

- **Específicos**

1. Describir el proceso de cristalización de emulsiones lípidas.
2. Describir los procedimientos de instalación de la unidad de refrigeración Vilter.
3. Describir la operación de la unidad de refrigeración Vilter.
4. Describir los procedimientos de mantenimiento de la unidad de refrigeración Vilter.

INTRODUCCIÓN

En una máquina homogenizadora de margarina es muy importante el sistema de enfriamiento para proporcionar un producto terminado con los estándares de calidad necesarios.

Dentro del sistema de enfriamiento encontramos un compresor de amoníaco de 16 cilindros y dos etapas, siendo éstas importantes en el sistema de enfriamiento de la máquina. El presente trabajo se considera como un material de apoyo para la instalación, operación y mantenimiento de dicho compresor.

Debido a la gran producción de margarina que se realiza en la empresa, el sistema de enfriamiento es una parte esencial para que el producto terminado sea de óptima calidad. Dentro del sistema de enfriamiento, el elemento a tomar en cuenta es el compresor de amoníaco, que debido a su gran capacidad necesita de una guía, tanto de operación como mantenimiento, para garantizar el rendimiento del sistema de enfriamiento así como la calidad del producto terminado.

El compresor trabaja con amoníaco R717 por lo que el procedimiento de descarga del refrigerante es diferente a los demás refrigerantes, como también aspectos relacionados con su mantenimiento.

Otro aspecto a tomar en cuenta, es la potencia del motor que hace funcionar el compresor, por lo que las fajas son una parte a considerar para evitar que el compresor pare su funcionamiento.

1. PROCESO DE CRISTALIZACIÓN DE EMULSIONES LÍPIDAS

El proceso de cristalización de emulsiones lípidas (margarina, manteca, grasas, entre otros) consiste en formar cristales estables para lograr un producto con una consistencia estable y con las características requeridas por el fabricante. La cristalización se logra al hacer pasar el producto que se encuentra en estado líquido y a temperatura elevada (aproximadamente 40°C), por una unidad de refrigeración conocida como “Perfector”.

El Perfector es un intercambiador de calor usado para enfriamiento de una variedad de productos, principalmente emulsiones de margarina. El Perfector cubre “chillers” tubulares de alta presión con características únicas para la cristalización de aceites y grasas.

El Perfector consiste principalmente de uno a seis tubos de enfriamiento montados en una carcasa de hierro totalmente cerrada, cubierta externamente con placas de acero inoxidable e interiormente aislado con lana mineral.

La tubería por la que circula el producto (emulsión), ésta encapsulado por un tubo de mayor diámetro, éste es un elemento con función de cojinete en la carcasa, y al mismo tiempo, por éste circula el refrigerante (amoníaco NH₃). Los tubos externos están conectados y el tubo inferior está conectado a un depósito o colector.

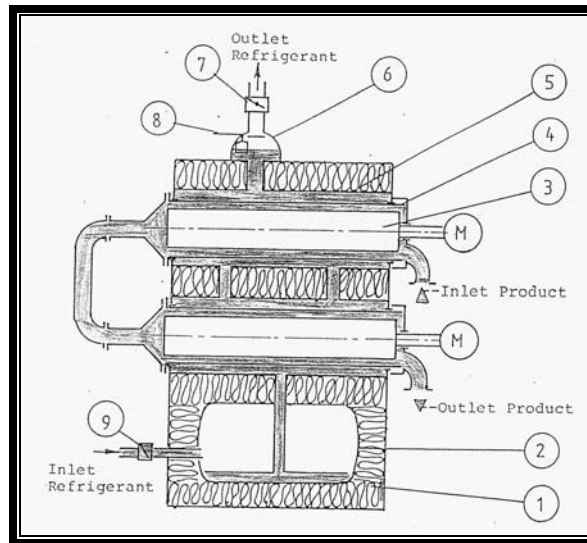
La emulsión de margarina, a aproximadamente 40°C, es bombeada al primer tubo de enfriamiento y pasa hasta el tubo inferior. El producto sale del enfriador (Perfector), donde está conectado con la tubería de alimentación de la máquina empacadora.

El líquido refrigerante (amoníaco NH₃), es bombeado al Perfector por el compresor Vilter 450XL al depósito o colector del Perfector, desde donde se eleva y llenan los tubos de enfriamiento. La emulsión caliente pierde calor, intercambiándolo con el amoníaco el cual hierve y se evapora. Los vapores del amoníaco son succionados por la tubería de salida del Perfector, la cual está conectada a las tuberías de succión del compresor Vilter 450XL.

Durante el proceso de cristalización del producto, los tubos de enfriamiento están permanentemente rodeados de líquido refrigerante (amoníaco NH₃), el cual es controlado por medio de una válvula de flote.

Dependiendo de la intensidad del enfriamiento, la presión del producto varía de 20 hasta 60 bar, mientras que la temperatura del amoníaco varía de 10 hasta -25°C.

Figura 1. Intercambiador de calor “Perfector”



Outlet Refrigerant	=	Salida de refrigerante
Inlet Product	=	Entrada de producto
Inlet Refrigerant	=	Entrada de refrigerante
Outlet Product	=	Salida de producto
1	=	Aislante de lana mineral
2	=	Colector
3	=	Rotor
4	=	Tubería de enfriamiento del producto
5	=	Enfriamiento de refrigerante
6	=	Cámara del flote
7	=	Válvula solenoide
8	=	Válvula de flote
9	=	Válvula solenoide
M	=	Motor de eje con cuchillas

En los capítulos posteriores se proporciona la información necesaria para la correcta instalación, operación y mantenimiento de la unidad de compresión para refrigeración Vilter 450XL.

2. INSTALACIÓN

La adecuada instalación del compresor de refrigeración y de todos sus accesorios es uno de los aspectos más importantes del diseño del sistema de refrigeración. Llevando a cabo todos los procedimientos necesarios, se asegura un óptimo desempeño y eficiencia de la unidad de compresión.

2.1. Localización de la unidad

Antes de anclar la unidad y de conectar las tuberías de refrigerante y las líneas eléctricas, existen diversos factores que deben considerarse.

2.1.1. Drenajes

La unidad debe colocarse próxima a un canal de drenaje, puesto que una considerable cantidad de agua debe ser transportada lejos de la unidad cuando están siendo drenados los condensadores enfriados por agua.

2.1.2. Ventilación

Ventilación correcta es requerida para una operación adecuada. El calor generado por el compresor debe ser ventilado para evitar el sobrecalentamiento del motor. Si el compresor es instalado en un espacio amplio que no posee abundante ventilación natural, se recomienda la instalación de equipo de ventilación mecánica.

Utilizar una pequeña unidad de enfriamiento, junto con la línea de agua condensada, donde funciona el ventilador cuando el compresor esté en operación. Otra posibilidad en unidades que utilizan condensadores evaporativos, es conducir aire para el condensador evaporativo a través del cuarto del condensador. También aire extraído de otros espacios acondicionados es efectivamente utilizado cuando es circulado por sobre el compresor y el motor. Los motores que son operados regularmente en sobre carga poseen una corta vida útil si no son suficientemente enfriados.

Para motores que operan en carga normal, la temperatura del cuarto del compresor puede ser un máximo de diez grados superior que la temperatura ambiente normal.

2.1.3. Espacio de servicio

Suficiente espacio debe ser proporcionado alrededor de la unidad para dar servicio y mantenimiento a la unidad. El espacio debe ser el suficiente para que uno o dos operarios puedan trabajar en la unidad de forma cómoda y segura. También debe ser suficiente para que las piezas puedan ser fácilmente ensambladas y desensambladas.

2.2. Cimentación

Todas las piezas rotativas están ya balanceadas, los pesos de las piezas reciprocantes están calculados para minimizar las vibraciones al más bajo nivel mientras el compresor ésta operando.

Sin embargo, siempre existe alguna vibración. Deben ser tomadas algunas precauciones para evitar la transmisión de vibraciones a las estructuras, de lo contrario surgirán problemas de ruido.

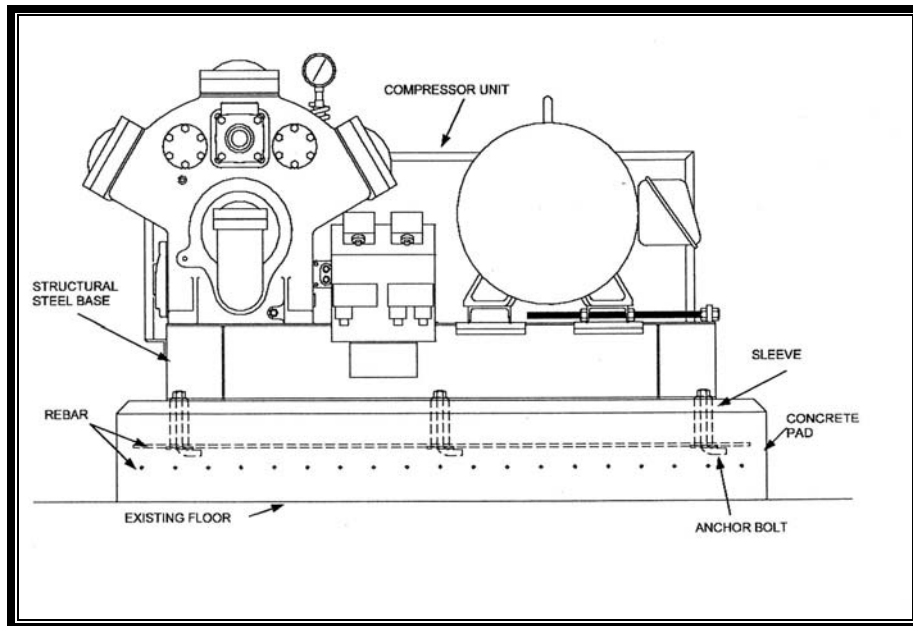
Las vibraciones se transmiten de dos maneras; a través de la base y los cimientos de la unidad, y a través de las tuberías de conexión. Los procesos de cimentación adecuados deben llevarse a cabo para asegurar la mínima transmisión de vibración.

2.2.1. Instalación de la unidad sobre el suelo

La unidad de compresión posee una base de acero. Ésta debe colocarse sobre una losa de concreto elevada, esto permite llevar a cabo una adecuada limpieza, además de proporcionar una posición nivelada para la unidad. La unidad siempre debe estar correctamente nivelada.

Cuando se coloca la fundición de concreto sobre una losa de concreto ya existente, la superficie debe ser rugosa, limpia, seca y libre de aceite. Los pernos de la fundición deben anclarse a la losa de concreto y deben de colocarse alineados con los agujeros de la estructura de acero del compresor. Si el suelo no es lo suficientemente ancho o el subsuelo no ha sido suficientemente compactado, un amortiguador de inercia será necesario para disminuir cualquier vibración. En la figura 1 se muestra la instalación del compresor sobre el suelo.

Figura 2. Típica instalación del compresor sobre el suelo



Detalle figura 1:

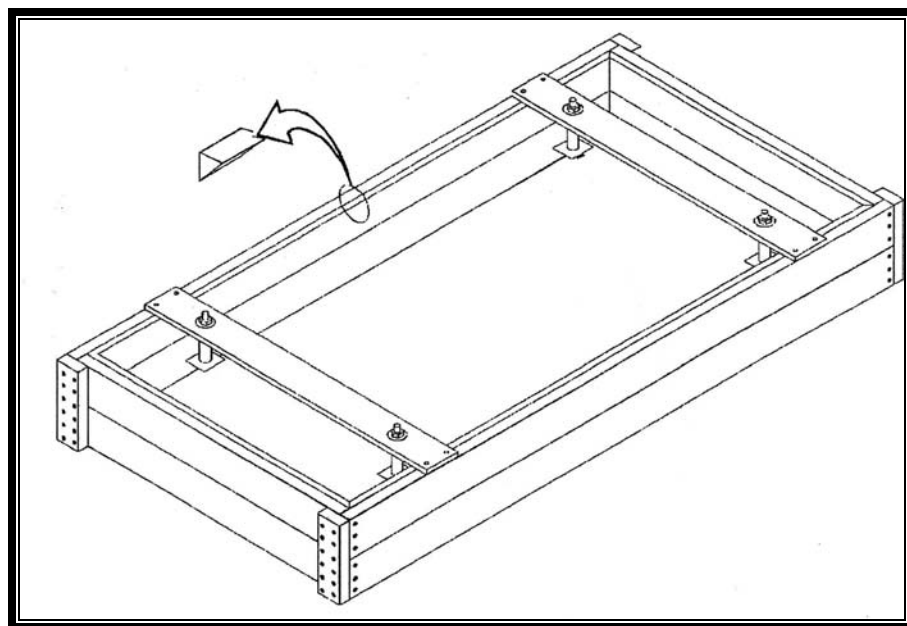
<i>Compressor unit</i>	= compresor
<i>Structural steel base</i>	= base de acero
<i>Rebar</i>	= varillas de acero
<i>Sleeve</i>	= manga
<i>Concrete pad</i>	= losa de concreto
<i>Existing floor</i>	= suelo existente
<i>Achor bolts</i>	= pernos de anclaje

2.2.2. Formas y patrones

Al colocar la losa de concreto recordar que debe permitir un espacio adecuado para el servicio del compresor y para poder remover el cigüeñal. Para remover el eje cigüeñal, las tolerancias mínimas de espacio de servicio son de 1.52 mts. en el lado de la rueda conductora y de 1.31 mts. del lado de la bomba de aceite. Estas tolerancias son medidas desde los marcos del compresor.

Utilizar una forma como la de la figura 2 para fabricar la losa de concreto. Construir esta forma para que soporte el peso del concreto húmedo. Además, clavar una franja biselada de 1 pulgada alrededor del borde superior de la forma para eliminar bordes filosos en la parte superior de la losa.

Figura 3. Forma para la losa de concreto



Los patrones para colocar los pernos para fijar la estructura de acero deben fabricarse con tablas de uno a seis pulgadas. Los agujeros deben perforarse en los patrones, alineados con los agujeros de la estructura de concreto y luego deben ser clavados a la forma en la posición correcta. Insertar los pernos junto con una manga dentro de los agujeros del patrón. Atornillar los pernos hasta que la manga esté bien presionada contra el patrón.

La manga del perno debe ser fabricada de un metal ligero y en forma de cilindro, el diámetro de estas debe ser tres veces el diámetro del perno. Colocar una arandela del material de la manga en el fondo de esta.

2.2.3. Construcción de la losa de concreto reforzada

Para la construcción de la losa, colocar varillas de acero mientras el concreto esta siendo vertido. Colocar capas de varillas de acero separadas por 15.24 cms., con las varillas individuales separadas un mínimo de 15.24 cms. de centro a centro. Colocar las capas de varillas alternándolas de forma que den un efecto cruzado, es decir, si una capa ésta colocada paralela al largo de la forma, la siguiente deberá estar perpendicular a ésta. El largo de las varillas debe ser al menos una 2.54 cms. más pequeña que las dimensiones internas de la forma, así podrá ser colocada rápida y fácilmente. Aunque varía de una construcción a otra, el peso de la losa de concreto debe igualar o exceder el peso combinado del compresor y el motor.

Las dimensiones de la losa de concreto deben exceder por al menos seis pulgadas las dimensiones externas de la estructura base de acero y debe ser de, por lo menos, 30.48 cms. de profundidad.

2.2.4. Concreto

Es recomendable el rellenar con concreto la base del compresor para incrementar la amortiguación de vibraciones.

La base de la unidad debe ser fundida sobre la losa de concreto. Fundir la base asegura que ésta se fije correctamente a la losa y, además, amortigua las vibraciones que puedan producirse. La mezcla de concreto para rellenar las mangas de los pernos debe ser expansible al fraguar en lugar de contraerse. Esto para que la unión sea más fuerte.

2.2.5. Nivelación del compresor

Inmediatamente después de colocar la unidad sobre la losa de concreto, llenar las mangas de los pernos. De esta forma, los pernos podrán ser movidos ligeramente, permitiendo el alineamiento final con los agujeros de la base de acero además de evitar la dificultosa tarea de rellenar las mangas con la unidad ya colocada sobre la losa.

Ya que el compresor ha sido colocado sobre la losa de concreto, verificar que la unidad este nivelada tanto a lo largo como a lo ancho. Use cuñas bajo la base de acero si la nivelación no es la adecuada.

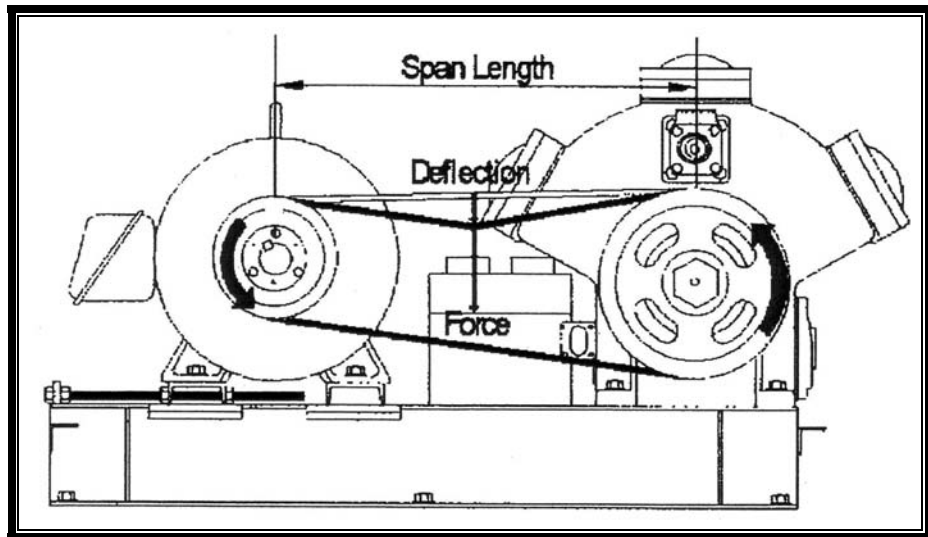
Permitir que el concreto se seque completamente, después apretar los pernos. Verificar nuevamente que la unidad esté perfectamente nivelada

2.3. Instalación de las bandas de transmisión

El compresor ésta equipado con una banda de transmisión de potencia tipo V “5V”, las ruedas de transmisión están diseñadas para transmitir la potencia requerida.

Las bandas tipo V son uno de los métodos más simples y eficientes para transmitir potencia de una máquina a otra. Cuando las ruedas de transmisión, así como las bandas están correctamente instaladas, su operación es relativamente silenciosa y suave, además no requiere demasiado mantenimiento. Colocar las bandas con la tensión correcta es necesario para asegurar el máximo tiempo de servicio, así como capacidad de carga. Una tensión excesiva vendrá en detrimento de la vida útil de las bandas, mientras que tensión insuficiente no permitirá la transmisión de la carga completa. En la figura 3 se observa una ilustración del compresor accionado por bandas.

Figura 4. Bandas y ruedas de transmisión del compresor



Detalle figura 3:

Span length = distancia entre centros

Deflection = deflexión

Force = fuerza (tensión)

Para este compresor se recomienda que la rotación de las bandas sea en contra de las manecillas del reloj, como lo indica la figura anterior.

2.3.1. Método de instalación de las bandas

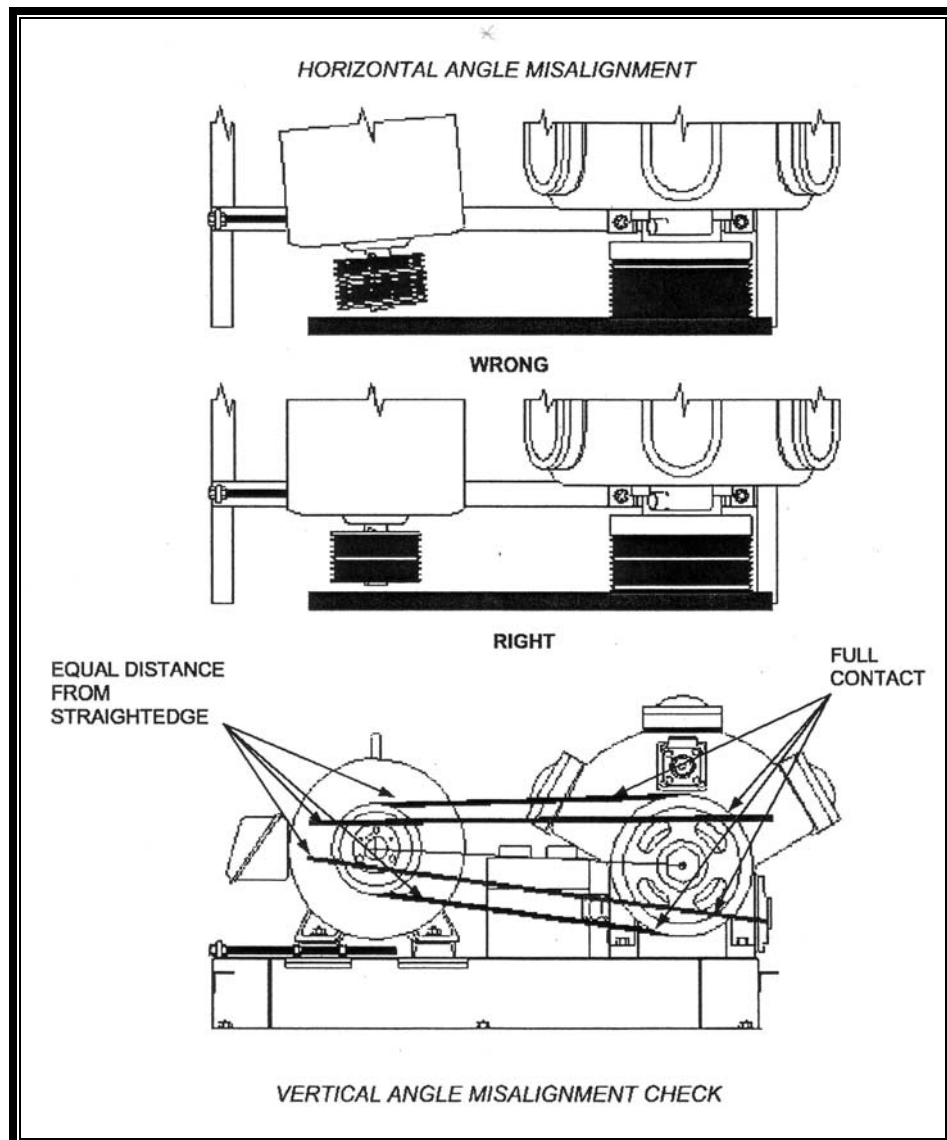
El motor de conducción de la banda ésta motado sobre un riel de deslizamiento que permite movimiento del motor hacia o lejos del compresor, esto se logra aflojando cuatro tornillos de seguridad, ocho tornillos y tuercas guía y aflojando dos tornillos de ajuste. El método correcto para instalar la banda tipo V es el siguiente:

- 1) Mover las ruedas guía una hacia la otra.
- 2) Colocar las bandas alrededor de las ruedas guía manualmente. En ruedas que poseen más ranuras para bandas que las necesarias, utilizar las ranuras más cercanas al motor y compresor. Asegurar que todas las bandas están flojas del mismo lado de la rueda, preferentemente el lado flojo debe estar abajo. La rueda guía debe de tirar fuertemente alrededor de la parte superior del volante conducido del compresor. Nunca colocar el lado flojo de una banda junto con el lado flojo de otra en el mismo lado de la rueda guía, pues esto puede ocasionar serios daños a las bandas. Las bandas nunca deben de quedar enrolladas o mascadas pues esto puede producir que se rompan o desgarren.
- 3) Mover las ruedas separadas una de la otra hasta que las bandas en V estén ajustadas.
- 4) Los rieles del motor deben de estar perpendiculares a la base. Verificar que el compresor no este flojo de su base, si es así, efectuar los ajustes necesarios.
- 5) Verificar que los ejes del motor y compresor estén paralelos entre sí. Verificar la rueda guía del motor y el volante guiado del compresor con

un borde recto, cuerda o alambre para asegurarse que éstas están paralelas y en el mismo plano. Vea la figura 4. Corregir cualquier desalineación moviendo el motor por medio de los tornillos de ajuste.

- 6) Verificar nuevamente la tensión de las bandas. Ajuste, si es necesario, después de 2 o 4 horas y de nuevo después de 24 a 48 horas de operación para compensar el estiramiento y desgaste inicial de las bandas nuevas.
- 7) Verificar periódicamente la tensión de las bandas. La tensión y el radio de contacto deberán ser restaurados cuando sea necesario. La variación en el radio de contacto del reposo hasta la máxima carga no debe ser mayor a 1%.
- 8) Conservar las bandas usadas para reemplazos de emergencia, pero nunca mezcle bandas nuevas con usadas al hacer un reemplazo.
- 9) Mantener las bandas lo más libres de polvo y aceite como sea posible. Nunca pintar la rueda guía o el volante.
- 10) Nunca utilizar recubrimientos para bandas.

Figura 5. Alineación de las bandas



Detalle figura 4:

Horizontal angle misalignment = desalineamiento horizontal

Wrong = incorrecto

Right = correcto

Vertical angle misalignment check = verificación de desalineación vertical

Equal distance from straightedge = distancia igual hacia la regleta

Full contact = contacto completo

2.3.2. Consideraciones generales para ajuste de bandas tipo V

La tensión usualmente no es un factor crítico, pero algunos simples ajustes satisfacen la mayoría de los requerimientos.

- La mejor tensión para una banda tipo V es la más baja a la cual la banda no se deslizará bajo la máxima condición de carga.
- Verificar la tensión regularmente durante el primer día de operación.
- Demasiada tensión acorta la vida útil de las bandas y de los cojinetes del compresor y el motor.
- Mantener las bandas y ruedas libres de cualquier contaminante que pueda producir que la banda se deslice.
- Si una o más de las bandas se desliza, determinar la causa y aplicar medidas correctivas.

2.3.3. Ajuste de bandas tipo V individuales

El método para verificar la tensión de bandas tipo V individuales, usando valores numéricos es el siguiente:

- 1) Después de la instalación adecuada de las bandas, medir la distancia entre centros en pulgadas.

- 2) Utilizar una escala ajustable colocada a la mitad de la distancia entre centros. Aplicar suficiente fuerza para deflectar la banda 1/64 de pulgada por cada pulgada que existe entre centros, anotar la lectura de la escala. El rango de fuerza debe estar entre 12 a 18 libras.

- 3) Asegurar que la tensión en todas las bandas de un mismo juego sea la misma. Modificar la tensión original moviendo el motor ligeramente. Esto es de suma importancia. Por ejemplo, en un juego de cuatro bandas en V, lecturas de tensión de 14,13,13 y 12 libras (aunque el promedio es de 13 libras), indica desalineación y probablemente algún problema. La potencia transmitida por las bandas puede ser reducida hasta un 50%, si no se obtiene tensión uniforme en todas las bandas. La tensión no uniforme puede producir que las bandas se deslicen, rompan, salgan de sus ranuras o que se enrollen.

- 4) Encender el compresor en carga máxima en la dirección recomendada. Esta dirección tiende a ajustar más que aflojar el tornillo de seguridad del cojinete. Asegurar que las bandas no se deslicen. Las bandas no se deslizarán si la correcta tensión fue obtenida.

- 5) Verificar nuevamente que los ejes del motor y compresor estén correctamente alineados. Si los ejes o las ruedas no están alineados, las bandas tenderán a voltearse en las ranuras y sufrir desgaste innecesario rápidamente, esto produce ruido y pérdida de la eficiencia en la transmisión de potencia.

2.3.4. Ajuste de bandas tipo V unidas

Para verificar la tensión en bandas V unidas, se puede utilizar cualquiera de los dos métodos descritos a continuación:

- Método "A"
Multiplicar las libras de fuerza de deflexión (de 12 a 18 libras), por el número de bandas V unidas. Aplicar la escala para medir la tensión a todas las bandas a la vez. Colocar una tabla pequeña o un plato metálico en la parte superior de las bandas para que todas sean deflectadas de forma uniforme. Colocar una regleta entre las dos ruedas para usar como referencia para medir la deflexión.
- Método "B"
Mover las ruedas guía una hacia la otra para facilitar la instalación de las bandas. Medir la circunferencia externa de la banda V hasta el $\frac{1}{4}$ de pulgada más cercano. Multiplicar esta lectura por 0.0075 a 0.01, sume esta cantidad al perímetro de la circunferencia. Por ejemplo $80'' \times 1\% = 0.8 + 80'' = 80.8''$.

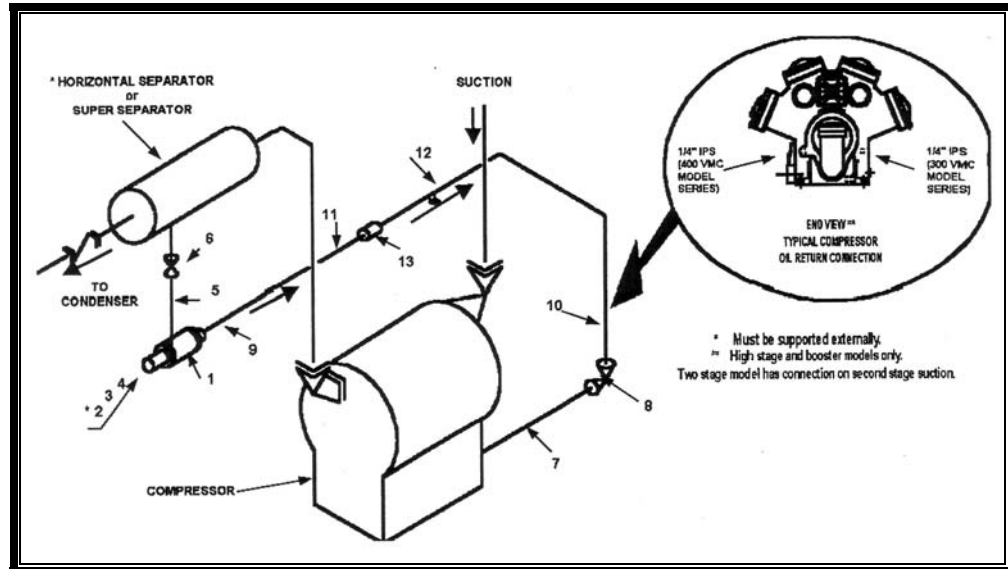
2.4. Instalación de los accesorios del equipo

2.4.1. Separador de aceite

El separador de aceite debe ser montado en la línea de descarga del compresor.

Tanto el separador como las tuberías de éste, deben tener sus propios soportes, de esta forma ninguna carga extra sea soportada por el marco del compresor. En la figura 5 se muestra la instalación del separador de aceite.

Figura 6. Típica instalación del separador de aceite y esquema de tuberías



Carga inicial de aceite no es necesaria. El separador de aceite previene que el aceite llegue al evaporador donde afectaría su eficiencia. El uso del separador se recomienda especialmente en el caso de sistemas inundados, aplicaciones de baja temperatura.

El separador de aceite puede usarse con tubos de acero o tubería de cobre. Las conexiones de entrada y salida están abocinados para poder usar tubería de cobre.

Cortar la parte abocinada de las conexiones si utiliza tubo de acero. Esto se debe hacer, pues el grosor de la porción abocinada es demasiado delgado para soportar las presiones de descarga involucradas.

Una válvula externa de flote para alta presión debe usarse junto con el separador de aceite. Una línea de 1/4" proveniente de la válvula de flote retorna el aceite hacia el compresor. El aceite es regresado hacia el cárter de aceite por el lado de la bomba de aceite.

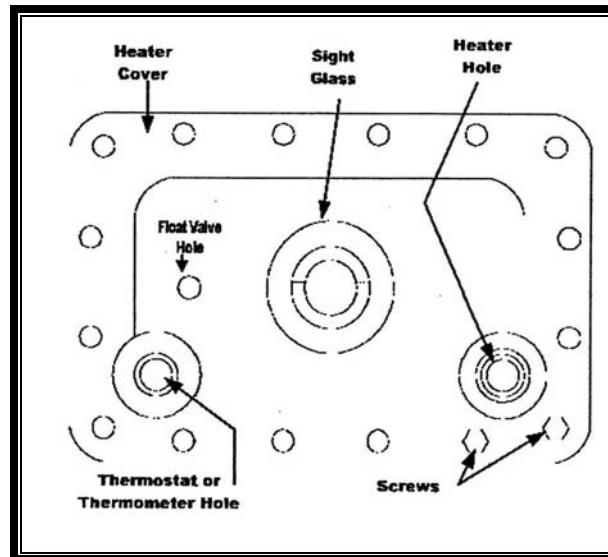
La válvula de flote ésta diseñada para abrir cuando el nivel de aceite en la cámara de la válvula se eleva. Hacer una inspección visual antes de instalar la cámara. La palabra TOP (lado superior) ésta estampada en la parte exterior del cuerpo de la válvula. Remover el marchamo de la válvula (éste se coloca sólo para el transporte de la válvula), la válvula debe ser instalada de la forma que ésta indicada sobre el cuerpo de ésta. Un posicionamiento correcto de la válvula evitará problemas en la operación.

Al conectar la válvula de flote utilizar un plato de soporte para sostenerla, evitar que la válvula sea sostenida solamente por la tubería del separador, no realizar ninguna soldadura sobre el separador de aceite o sobre el cuerpo de la válvula. La conexión de salida de la válvula debe estar en el plano horizontal.

2.4.2. Calentador de aceite del cárter

Este compresor utiliza un calentador de inmersión. Éste debe montarse en el lugar de la tapa de acceso al cárter de aceite. Vea figura 6. La función del calentador es mantener el cárter y el aceite de este tibio cuando el compresor este apagado, previniendo que el refrigerante se condense. Cuando el refrigerante se condensa en el aceite surgen problemas de lubricación y fallas en el sistema de aceite. El calentador de aceite previene estas fallas en la mayoría de los casos.

Figura 7. Tapa de acceso al cárter de aceite



Detalle figura 6:

<i>Heater cover</i>	= cubierta del calentador de aceite
<i>Sight glass</i>	= mirilla de vidrio
<i>Heater hole</i>	= agujero para el calentador
<i>Thermostat or thermometer Hole</i>	= agujero para el termostato ó termómetro
<i>Screws</i>	= tornillos
<i>Float valve hole</i>	= agujero para válvula de flote

Al instalar el calentador de aceite, hacer la conexión eléctrica removiendo la cubierta e insertando los alambres a través de los agujeros de la cubierta. Asegurar que el calentador éste conectado en un circuito separado. Nunca combine las conexiones con otros circuitos de control.

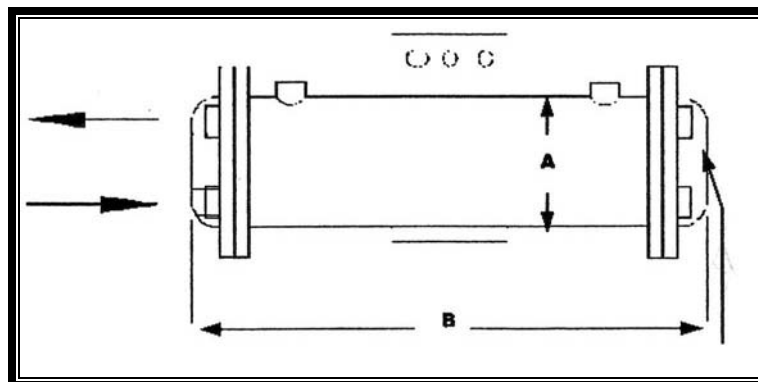
Para colocar el calentador de aceite, remover la tapa del cárter y reemplazar por otro con un agujero taladrado para el calentador.

Colocar la tapa en una prensa de banco, asegurar que los dos tornillos debajo del calentador estén en su lugar. De no ser así, los tornillos no podrán ser reinsertados en los agujeros debido a la interferencia del calentador instalado. Insertar el elemento de calor dentro del agujero de la tapa y asegúrelo.

2.4.3. Enfriador de aceite

Éste se coloca montado en la salida de la bomba de aceite. La función del enfriador de aceite es la de prevenir el excesivo adelgazamiento del aceite durante la operación del compresor, así como reducir el consumo de aceite. El aceite, al estar a una temperatura adecuada, reduce su oxidación y la formación de lodos. La figura 7 muestra una ilustración del enfriador de aceite.

Figura 8. Enfriador de aceite



El aceite proveniente de la bomba entra en el enfriador, después pasa por el filtro TRI-MICRO (filtro micrónico). Agua entra por un lado del tubo, fluye a través del enfriador y es expedida hacia el drenaje o a un condensador.

2.4.4. Cubiertas de cilindros enfriadas por agua

Las cubiertas deben montarse sobre las cubiertas estándar. Mantener un flujo de agua suficiente hacia las cubiertas enfriadas por agua, esto para prevenir que los minerales contenidos en el agua se depositen en las cubiertas de los cilindros produciendo daños y fallas prematuras. Cuando la temperatura del agua es de 27 °C o menor, la cantidad de agua recomendada es de un máximo de 0.000505 m³/s a una presión de 69 kpa y de un mínimo de 0.000315 m³/s a una presión de 34.5 kpa.

Si la presión de agua necesaria no es alcanzada, las conexiones de agua deberán hacerse en paralelo y el caudal de agua deberá ser incrementado proporcionalmente. Una válvula reguladora termostática de ½" debe ser provista en la entrada para controlar el flujo de agua y la salida debe ser conectada hacia un drenaje abierto o a un condensador.

Un sistema de cierre debe ser provisto para cerrar el flujo de agua cuando el compresor es apagado. La mejor forma de lograr esto es conectar una válvula solenoide hidráulica entre la válvula reguladora y la entrada de las cubiertas, las conexiones eléctricas deben hacerse de modo que la válvula solenoide éste abierta cuando el compresor éste en operación y cierre cuando el compresor éste en paro.

Regular el flujo de agua para mantener una temperatura de 38°C fuera de las cubiertas de los cilindros.

2.4.5. Válvula reguladora de flujo de agua

Ésta válvula es usada para regular el flujo de agua utilizado en el condensador enfriado por agua. Ésta permite mantener una presión de condensación constante y previene el desperdicio de agua.

La válvula va instalada en la entrada de agua del condensador. Un pequeño tubo capilar corre desde la válvula hasta la línea de descarga del compresor, a la línea de gas caliente o a la parte superior del condensador. Cuando la presión se incrementa del lado de alta presión del sistema, ésta se transmite a través del tubo capilar hacia la válvula. Esto actúa contra un resorte, sosteniendo la válvula cerrada.

La tensión del resorte puede ser ajustada por medio de un tornillo de ajuste en la válvula. Cuando la válvula está correctamente ajustada, ésta abre y cierra automáticamente, en respuesta a la presión del lado de alta presión del sistema, manteniendo una presión constante de condensación.

Una adecuada cabeza de presión es regularmente importante para proveer un apropiado flujo de refrigerante, a través de las válvulas de expansión o válvulas de flote, esto para mantener la presión de succión por encima de la presión de corte. Esto se logra con la válvula reguladora de flujo de agua.

2.4.6. Dispositivos de seguridad

Además de los sistemas de control para el refrigerante, un equipo de seguridad es requerido para las bandas V y para los dispositivos eléctricos.

Se recomiendan guardas completas para las bandas y ruedas guía. Los equipos eléctricos deben estar aislados y propiamente señalados.

2.4.7. Equipo eléctrico

Válvulas eléctricas solenoides para líquido y líneas solenoides usadas en sistemas automáticos de refrigeración deben estar siempre montadas en la parte externa del espacio refrigerado. De no ser posible montar las válvulas en el exterior del cuarto refrigerado, colocar de modo que la humedad no se deposite o derrame sobre ellas durante los períodos de descongelación o en cualquier otro momento. Bajo ninguna circunstancia el equipo eléctrico debe ser montado en el cuarto refrigerado, de lo contrario se experimentara una variedad de dificultades en un período corto de tiempo tanto en el cableado como en los dispositivos de control.

Montar los termostatos en la parte externa del cuarto refrigerado. Solamente el bulbo remoto del control de temperatura debe estar en el espacio refrigerado.

Cuando existe diferencia de temperatura entre distintos espacios por donde el cableado eléctrico atraviesa, hacer los arreglos necesarios para el sellado de los conductos entre los distintos espacios. Esto es necesario para prevenir la formación de condensado en los espacios de más baja temperatura.

2.5. Verificación de fugas en el sistema de refrigeración

Uno de los pasos más importantes en la instalación de un sistema de refrigeración es verificar el sistema por fugas. La verificación asegurará un sistema cerrado que operará sin pérdida de refrigerante. Para verificar las fugas debe presurizar el sistema. No utilizar el compresor para incrementar la presión ya que el compresor no está diseñado para bombear aire. Al utilizar el compresor éste puede sufrir sobrecalentamiento y serios daños.

Determinar las tolerancias del sistema para los dispositivos de seguridad y las válvulas de alivio. Si la presión de prueba excede las tolerancias del sistema, entonces remover válvulas y dispositivos adecuados:

- Desconectar todas las conexiones.
- Todas las válvulas deben estar abiertas excepto las que conducen hacia la atmósfera.
- Manualmente abrir todas las válvulas solenoides y reguladores de presión.
- Abrir todos los dispositivos de puente (bypass) y proceda con la prueba de fugas.

2.5.1. Verificación en un sistema de amoníaco

Debe usarse nitrógeno seco para incrementar la presión en el sistema hasta obtener la apropiada para llevar a cabo la prueba. El gas puede ser insertado en el sistema, a través de la válvula de carga o cualquier otra abertura apropiada.

No debe usarse dióxido de carbono como gas de prueba en un sistema en que el amoníaco está ya disuelto en cualquier humedad remanente. Carbonato de amoníaco se precipitará en presencia del dióxido de carbono. Esto puede causar que la máquina se congele y obstruya los filtros.

Una mezcla de cuatro partes agua y una parte jabón líquido con unas gotas de glicerina hace una buena solución de prueba. Aplicar la solución con una brocha de 2.54cm de diámetro en todas las uniones, soldaduras y flancos. Repare todas las fugas visibles. Si es posible dejar la presión de prueba por toda una noche. Una pequeña caída de presión, de aproximadamente 22.25 N. durante este período de tiempo, indica un sistema bastante hermético. Debe tomar en cuenta la temperatura ambiente, pues recuerde que un cambio en la temperatura producirá un cambio en la presión.

Después de que el sistema ha sido completamente probado, abrir todas las válvulas en la parte más baja del sistema y conduzca todo el gas lejos del compresor, así polvo u otras partículas extrañas no podrán entrar en las piezas de trabajo. Luego el aceite deberá ser cargado en el compresor.

Cargar una pequeña cantidad de amoníaco en el sistema. Pasar una varilla de sulfuro encendida alrededor de todas las uniones y conexiones. Cualquier fuga debe ser indicada por una densa nube de humo. Si alguna fuga es detectada durante esta prueba, éstas deben ser reparadas y la prueba deberá realizarse de nuevo antes que el sistema pueda considerarse hermético y listo para evacuación.

2.5.2. Evacuación del sistema

Un sistema de refrigeración funciona con más eficiencia sí solamente refrigerante ésta presente en el sistema. Algunos pasos deben tomarse para remover todo el aire, agua, vapor y cualquier otro no condensable del sistema antes de cargar el sistema con refrigerante.

Una combinación de humedad y refrigerante, junto con oxígeno en el sistema, puede formar ácidos u otros componentes corrosivos que pueden dañar los componentes internos del sistema.

Para evacuar correctamente el sistema y remover todos los no condensables, aire y vapor de agua, utilizar una bomba de alto vacío capaz de obtener una presión de vacío de 50 micrones o menos. Conecte la bomba al sistema y permitir que ésta opere hasta que la presión del sistema sea reducida debajo de 1000 micrones. La evacuación no será completada a menos que la temperatura de la habitación sea 15.5°C o mayor.

Conectar un medidor de presión de vacío con un rango de 20 hasta 20000 micrones al sistema de refrigeración. Este medidor es utilizado junto con la bomba de vacío. La lectura de este medidor indica cuando el sistema ha alcanzado la presión absoluta más baja requerida para completar la evacuación del sistema.

Conectar la bomba de vacío tanto en el lado de alta presión como en el lado de baja presión para asegurar la evacuación del sistema.

Una sola evacuación del sistema no es suficiente para asegurar que se han removido todos los no condensables, aire y vapor de agua. Para llevar a cabo una evacuación completa es recomendable una evacuación triple. Cuando la bomba de vacío es conectada por primera vez, lleve la presión del sistema al nivel de vacío más bajo posible y continúe la operación por cinco a seis horas.

Apagar la bomba de vacío y aisle el sistema. Permitir que la unidad mantenga el vacío por otras cinco a seis horas. Después de este tiempo, romper el vacío y llevar la presión del sistema hasta 0 psig con nitrógeno seco.

Para iniciar la segunda evacuación, permitir que la bomba opere y reduzca la presión de nuevo entre 50 y 1000 micrones. Luego de que se alcanza ésta lectura, mantener la bomba operando durante 2 o 3 horas, apague la bomba y permitir que el sistema mantenga el vacío y de nuevo elevar la presión a 0 psig. con nitrógeno seco.

Para la tercer evacuación, utilizar el procedimiento anterior con la bomba operando hasta que la presión del sistema sea reducida debajo del nivel de 1000 micrones. Operar la bomba por unas 6 horas adicionales y mantener el sistema por aproximadamente 12 horas con baja presión. Luego nuevamente romper el vacío con nitrógeno seco y permitir que la presión del sistema suba ligeramente por encima de 0 psig. Evacuar el sistema una vez más debajo de los 1000 micrones y cargar el sistema con el refrigerante designado.

Si el sistema ha sido propiamente evacuado, éste estará seco, libre de oxígeno y libre de no condensados. Las tuberías no deben ser aisladas antes que el proceso de evacuación sea iniciado. Si existe humedad en el sistema antes de ser evacuado, ésta se condensará en las partes más bajas y se congelará. Si esto sucede, debe de ser removida calentando moderadamente la trampa que se encuentra más lejos de la bomba de vacío. El calor causa que el hielo se derrita y que el agua hierva. El vapor de agua será colectado en la trampa siguiente en dirección de la bomba. Este proceso debe ser repetido hasta que todos los depósitos de agua han hervido y la bomba de vacío a podido remover todo el vapor de agua en el sistema.

2.6. Proceso de carga de aceite al compresor

Los cargadores de aceite están equipados con una manguera con un conector hembra conectado a ésta. El conector hembra es fácilmente unido al conector macho de la válvula de carga de aceite en el cuerpo del compresor.

Para cargar aceite al compresor, conectar el conector hembra al conector macho. Abrir la válvula de carga en el cuerpo del compresor.

Después de cargar aceite al compresor, la válvula de carga del compresor debe estar cerrada para aliviar la presión en el cargador de aceite.

La correcta carga de aceite para este compresor de 16 cilindros es de 14 galones de aceite. Reservar 1 o 2 galones de aceite de la carga total del compresor y cargarlos al compresor vía la conexión del medidor de aceite justo antes del encendido inicial. Esto ayuda a eliminar el encendido en seco, forzando aceite por espacios reducidos.

2.7. Proceso de carga de refrigerante al compresor

Ya que el sistema ésta libre de fugas y el proceso de evacuación ha sido completado, el sistema está listo para la carga. Previamente a la carga, el sistema de refrigeración debe ser inspeccionado.

2.7.1. Inspección del equipo

- 1) Lado de baja presión:
 - a) Verificar que los ventiladores y equipo de manejo de aire estén funcionando.
 - b) Bombas de los equipos enfriados por agua funcionando.
 - c) Localización y ajuste adecuados del bulbo de la válvula de expansión termostática en la línea de succión.
 - d) Verificar que la rotación del ventilador y la bomba sea la correcta.
 - e) Reguladores de presión y válvulas solenoides del evaporador abiertas.
 - f) Bombas de agua y motor correctamente alineados.
 - g) Bandas en V correctamente alineados y con la tensión adecuada.
 - h) Verificar que el voltaje provisto a los motores sea el correcto.

- 2) Compresor
 - a) Verificar que el nivel de aceite sea el correcto.
 - b) Que el voltaje corresponda a las especificaciones.
 - c) Fusibles correctos para el motor.
 - d) Bandas correctamente alineadas y acoples bien ajustados.
 - e) Todas las válvulas de succión y descarga deben estar abiertas.
 - f) Calibración correcta de todos los medidores.

- 3) Condensador
 - a) Agua disponible para el condensador y válvula de abastecimiento abierta.
 - b) Correcta rotación de los motores de la bomba y ventilador.
 - c) Alineación y tensión de las bandas V correcta.
 - d) Motores de la bomba y ventilador bien lubricados.

- 4) Controles
 - a) Verificar que los parámetros adecuados han sido ingresados a los sistemas de control.

2.7.2. Carga de refrigerante

Existen dos métodos para cargar el sistema; por el lado de alta presión o por el lado de baja presión. La carga por el lado de alta se aplica para la carga inicial pues ésta carga el sistema más rápidamente. La carga por el lado de baja se reserva usualmente para la adición de pequeñas cantidades de refrigerante cuando el sistema ya está en operación.

- 1) Carga del lado de alta “carga inicial”
 - a) Conectar un cilindro lleno de gas a la válvula de carga de líquido.
 - b) Invertir el cilindro de refrigerante si éste no está equipado con válvulas de líquido y vapor, colocar el cilindro en una posición tal que sólo refrigerante pueda entrar al sistema. El vacío del sistema arrastrará el refrigerante a su interior. Es importante que durante la operación de carga el equipo de manejo de aire esté operando y agua esté circulando a través de los enfriadores (chillers).
 - c) Después de que cierta cantidad de refrigerante ha entrado en el sistema, cuidadosamente encender el equipo. Es esencial que se le permita al compresor aumentar la carga gradualmente y dejarlo funcionar sólo por unos minutos a la vez. Durante este período de operación intermitente, el operador debe verificar la presión de aceite y la temperatura de los cojinetes. Entre períodos de operación permitir que el compresor se enfríe. Los períodos de operación deben gradualmente alargarse hasta que el operador

esté seguro de que no hay piezas flojas o excesivo calentamiento. Entonces el compresor podrá operar automáticamente.

- d) Continuar cargando refrigerante al sistema hasta que los requerimientos de diseño hayan sido satisfechos. Cerrar la conexión de carga de líquido. Abrir la válvula de la línea de líquido permitiendo que el sistema opere normalmente. Cuando suficiente refrigerante ha sido añadido al sistema, la mirilla de líquido no mostrara burbujas y el recibidor estará sellado. Si las dos condiciones anteriores no son satisfechas, agregar más refrigerante.
- e) Cuando ha sido cargado suficiente refrigerante dentro del sistema, cerrar las válvulas de carga y los cilindros. Luego remover el cilindro del sistema.
- f) Durante el período de carga, observar el medidor de presión para asegurar que no hay problemas. Verificar la cabeza de presión para asegurarse que los condensadores funcionan apropiadamente.

Después de efectuar la carga de refrigerante, mantener los cilindros de refrigerante a la mano por varios días ya que es necesario agregar más refrigerante una vez el sistema se estabiliza.

1) Carga del lado de baja “adición de refrigerante”

A diferencia de la carga del lado de alta presión del sistema, donde el refrigerante es añadido como líquido, en la carga del lado de baja presión, el refrigerante se añade como gas. Este es un método relativamente lento. Para añadir refrigerante del lado de baja, utilizar el siguiente procedimiento:

- a) Mantener el cilindro de refrigerante en una posición vertical. Cerrar la válvula que va hacia el medidor de presión de la línea de succión y remover la línea que va hacia la válvula de succión. Conectar una T a la válvula y reconecte el medidor a la T. Conectar la línea de carga.
- b) Para cargar gas al compresor, estrangular la válvula para una más baja presión en el compresor. Abrir la válvula del cilindro de refrigerante, luego abrir la válvula del medidor y el gas refrigerante será arrastrado al interior del sistema.
- c) Observar la mirilla de vidrio durante el proceso de carga. Cuando dejen de verse burbujas detenga la operación de carga, cerrar la válvula del cilindro y operar el sistema de manera normal. Remover el cilindro del sistema y reemplazar el medidor a su montaje original.

2.8. Primer encendido

2.8.1. Verificación de los controles

Verificar los parámetros del interruptor de presión diferencial para que el compresor arranque a la presión de succión deseada y que también la presión de corte sea suficientemente baja para prevenir ciclos cortos.

Verificar la correcta operación de los seguros eléctricos, estos son instalados principalmente para la protección de los componentes del sistema. Todos los controles de seguridad deben estar siempre cableados al circuito eléctrico del compresor para asegurar la protección del compresor.

Verificar los parámetros de la válvula de expansión termostática. Tomar una lectura de temperatura con el bulbo remoto de la válvula y compárelo con la temperatura correspondiente a la presión de succión. La temperatura

de bulbo debe ser aproximadamente 10 grados mayor que la temperatura de succión.

La válvula de regulación del agua de enfriamiento del condensador debe ajustarse de modo que mantenga la cabeza de presión designada. Abierta para incrementar el flujo en casos de una cabeza de presión alta y cerrada para disminuir el flujo en casos de una baja cabeza de presión.

2.8.2. Precauciones finales

La válvula de succión del compresor, la válvula de descarga, la válvula de corte del condensador y otros sistemas de corte deben estar abiertos.

Las partes móviles del compresor deben tener un movimiento libre. Verificar esto conectando el compresor manualmente.

Las válvulas solenoides deben estar conectadas mecánicamente y bajo control eléctrico. Todos los medidores deben estar abiertos y funcionales.

El nivel de aceite en la mirilla de vidrio debe mostrar que al menos esta a la mitad de su capacidad.

Es esencial que el compresor alcance toda su carga gradualmente. Debe ser operado por unos minutos luego apagado y seguido por un período de enfriamiento. Alargar los períodos de operación gradualmente hasta que el operario éste seguro que todas las partes móviles no experimentan un calentamiento excesivo. Cuando el compresor opera a temperaturas normales, permitir que éste opere por el tiempo que la carga lo requiera.

Ya que el compresor ésta operando, para proveer una respuesta rápida de los mecanismos de descarga del compresor, fijar la válvula de alivio de aceite para mantener una presión de 45 psi netos de presión de aceite. La

presión de aceite debe mantenerse entre 45 psi y 50 psi para este compresor.

La presión de aceite neta se calcula sustrayendo la presión de succión del compresor de la lectura del medidor de aceite mientras el compresor están operación. La válvula de presión ajustable ésta localizada en el cojinete frontal del cárter.

2.9 Especificaciones de torque utilizado en la instalación de los componentes de la unidad

Es muy importante tomar en cuenta los datos obtenidos del fabricante en lo que respecta a la aplicación de torque en los componentes de la unidad, debido a que de no aplicarlos se puede encontrar problemas así como la falla de un componente (ver tabla III del apéndice).

2.9.1 Herramientas utilizadas para aplicar torque

Con objeto de evitar la posibilidad de que fallen los tornillos en los componentes y para obtener uniformidad en las cargas es indispensable contar con algún medio para determinar la carga inicial, de modo que existen llaves calibradas de torsión que se leen directamente en la escala que nos indica. Son posibles inexactitudes debido a variaciones en el coeficiente de fricción entre la tuerca y el tornillo y, además entre la tuerca o cabeza del tornillo y la superficie que hace tope. Cuando las condiciones del montaje causan diferencia de apriete, se deben usar esfuerzos de trabajo menores, en el diseño de los tornillos, que los necesarios en condiciones normales. Por otra parte, puede ser preferible dejar que los tornillos sean la parte más débil de la máquina, ya que su rotura por sobrecarga es posible que ocasione un costo de reemplazo mínimo. En tales casos, la carga de ruptura de los tornillos puede ser igual a la carga que haga que el miembro conectado más débil de la máquina se lleve hasta el límite elástico.

2.9.2 Consideraciones sobre la incorrecta aplicación del torque en los componentes de la unidad

La aplicación incorrecta del torque puede causar serios daños a los componentes de la unidad y por ende al sistema completo por lo que debe es muy importante observar la carga de cada elemento para evitar problemas. La carga soportada por cada tornillo depende de su apriete relativo, los tornillos mas apretados son los que soportan mayores cargas. Cuando las condiciones del montaje causan diferencia de apriete, se deben de usar esfuerzos menores de trabajo en el diseño de los tornillos, que los necesarios en condiciones normales. Es preferible dejar que los tornillos sean la parte más débil de la maquina, ya que su ruptura por sobrecarga es posible que ocasione un costo de reemplazo mínimo.

3. OPERACIÓN

3.1. Combinación de descarga y control de capacidad

3.1.1. Descarga operada por aceite

El mecanismo es cargado por un actuador de resorte y activado por un pistón de descarga. Cuando la presión de succión y de aceite son igualadas en ambos lados del pistón, los resortes del balancín fuerzan a éste, levantan los anillos y los pines a la posición superior. Esto levanta el plato de la válvula de succión, lo que descarga el banco de cilindros.

El control de capacidad del sistema está incorporado en el compresor y es actuado por la presión de aceite. La presión converge a las válvulas solenoides de tres vías para control de capacidad y es usada para la operación del ensamble de descarga. Cuando el compresor es encendido, las válvulas solenoides son des-energizadas. Aceite viaja a través de las cubiertas de los cilindros hasta el cilindro de descarga, produciendo un incremento en la presión. Ésta presión es dirigida hacia el mecanismo de descarga del cilindro lo que fuerza al pistón sellador a descender. Los brazos del balancín del ensamble de descarga baja los pines y asienta el plato de la válvula de succión.

La operación es completada y los cilindros son recargados.

Para descargar el cilindro, la válvula solenoide energiza y evacúa la presión del pistón de descarga. El aceite fluye a través de la válvula solenoide hacia el cárter del compresor.

El sistema de control de capacidad típicamente opera en dos cilindros. Cuando se requiere sólo de un cilindro de descarga, los pines del sistema de descarga son omitidos de una línea en un banco de cilindros y el sistema de descarga sólo descarga un cilindro.

El mínimo flujo de gas a través del compresor nunca debe ser menos del 25% del máximo.

El diferencial de presión entre etapas es limitado por el mínimo diferencial del dispositivo de control (Interruptor de presión diferencial).

Las válvulas solenoides de control de capacidad son controladas eléctricamente y el dispositivo usado para actuar las válvulas solenoides de descarga puede ser de respuesta a la temperatura o a la presión, dependiendo de la aplicación.

Cuando es utilizada la descarga estándar, las válvulas solenoides de control de capacidad son energizadas o des-energizadas en serie. Los controles son unipolares, tiro sencillo y cierran cuando la temperatura o presión decrecen.

3.2. Controles automáticos

3.2.1. Interruptor de presión dual

Este interruptor protege el compresor de una presión de descarga excesiva y de una presión de succión excesivamente baja. Los interruptores abrirán una serie de contactos que paran el compresor cada vez que las condiciones antes mencionadas ocurran.

Si el contacto del lado de baja presión abre, éste cerrará automáticamente cuando la presión alcance un nivel suficiente para la

presión de corte establecida. Sin embargo, si el contacto del lado de alta presión abre, éste debe ser reiniciado manualmente. Esto es una indicación de una falla mayor en el sistema. El contacto no puede ser reiniciado hasta que la presión descienda por debajo de la presión de corte.

3.2.2. Interruptor de falla de aceite

El interruptor de falla de aceite mide la presión de aceite útil para lubricación. Si, o cuando, la presión de aceite disminuya por debajo del valor prescrito, el interruptor apagará automáticamente el compresor. La presión útil de aceite es una combinación de la presión del cárter y la presión de la bomba de aceite. El interruptor sensa la presión de aceite usando un par de fuelles. El primer fuelle identifica la presión de la bomba. El otro fuelle está directamente conectado opuesto al primero y mide la presión del cárter de aceite. Cada interruptor tiene un retraso de 90 segundos para prevenir falsas alarmas. Si el interruptor detecta cualquier anomalía en los primeros 90 segundos, el compresor será apagado. Este interruptor debe ser reiniciado manualmente después de una falla de aceite.

3.2.3. Interruptor de alta presión

Este compresor, por ser de 16 cilindros, cuenta con dos de estos interruptores debido al arreglo de doble descarga. Estos interruptores abren al detectar alta presión y son reiniciados automáticamente cuando la presión de descarga decrece. Los puntos de corte son ajustables pero el diferencial está fijado de fábrica.

3.2.4. Control de capacidad

Este control opera los descargadores y tiene una acción unipolar de doble tiro. Un incremento en la presión señalará un aumento en la capacidad. El control de descarga abre los contactos de las terminales rojas a las azules y cierra los contactos de las terminales rojas a las blancas. Esto des-energiza la válvula solenoide de descarga y carga el compresor. La acción opuesta ocurre cuando la presión decae.

El diferencial de presión del control está fijado a aproximadamente 17.23 kpa y no es ajustable. Fijar el control para cerrar los contactos de rojo a blanco a la presión de corte deseada para el control de capacidad. Ya que este indicador ha sido fijado a la presión correcta, el diferencial es restado de éste. El resultado es el punto en que los contactos cerrarán de rojo a azul.

3.2.5. Interruptor de presión diferencial del filtro de aceite

Este interruptor es instalado en los compresores equipados con el sistema de protección de arranque en frío. El interruptor está fijado para cortar automáticamente cuando la presión diferencial de 276 kpa es producida a través del filtro de aceite. El contacto del interruptor está normalmente cerrado cuando alta presión de aceite no está presente.

Cuando el diferencial de presión de 276 kpa es producido a través del filtro, el contacto se abre y detiene al compresor. Si el compresor se detiene debido a un alto diferencial de presión en el filtro, el interruptor debe ser reiniciado manualmente antes de encender nuevamente el compresor. El botón de reinicio está localizado en el frente del control.

3.3. Sistema de protección de arranque en frío

Este sistema cuenta con un control de presión diferencial de aceite a través de la entrada y salida del filtro especial Tri-Micro (tipo micrónico) para aceite.

Cualquier esfuerzo para arrancar el compresor equipado con este sistema cuando el lubricante esta frío y viscoso puede resultar en una presión de aceite extrema y severo daño a la bomba de aceite.

Antes del encendido inicial del compresor o después de una rutina de mantenimiento, encender el calentador de aceite del cárter por un período extenso de tiempo. El calentador debe permanecer encendido hasta que el aceite alcance una temperatura de 100°F.

3.3.1. Filtro micrónico e interruptor de presión diferencial

El filtro micrónico presurizado del compresor ésta conectado a un interruptor de presión diferencial de aceite con reinicio manual como se mencionó anteriormente. La razón del reinicio manual es el advertir al operario cuando el elemento del filtro de aceite ésta sucio y para remplazar la carga de aceite. Leer el diferencial de presión a través del filtro, alternando la palanca de la válvula manual de tres vías en direcciones opuestas.

En un compresor nuevo el elemento de filtrado debe ser cambiado después de 300 horas de operación o cada vez que el diferencial de presión en el filtro indique un valor máximo de 172 kpa. Reemplazar el elemento de filtrado cuando el diferencial de presión máximo sea 172 kpa, cuando el compresor sea abierto para mantenimiento, si el filtro es expuesto a humedad o cuando las inspecciones periódicas indiquen oscurecimiento del aceite.

3.4. Sistema de aceite del compresor

La principal característica del sistema de aceite es una bomba de desplazamiento positivo tipo marcha reversible automática. La bomba es impulsada por el eje del compresor. El aceite es llevado hacia la bomba a través de una fina malla de estrangulación desde el depósito del cárter.

La bomba descarga el aceite a través de un filtro micrónico presurizado hacia la cámara sellada del compresor. El aceite entra por el fondo de la cámara sellada a través de una conexión externa y es forzado a fluir hacia arriba bajo efecto de presión, esto para proveer los sellos del eje con un constante flujo de enfriamiento. El exceso de aceite, es dirigido por un alivio y éste sale por la parte superior de la cámara.

Vías de aceite taladradas en el cigüeñal conducen aceite a alta presión desde la cámara hasta varios de los cojinetes que aseguran al cigüeñal. Los cilindros son lubricados por aceite lanzado por las bielas y por goteo de los cojinetes. Los rodamientos del eje reciben aceite a través de orificios en las cubiertas.

En compresores usados en sistemas de refrigeración, una válvula de flote externa es usada junto con el separador de aceite para facilitar el retorno de aceite. El aceite es retornado por una línea de 1/4" directamente hacia el cárter del compresor.

3.4.1. Válvula reguladora de aceite

La válvula reguladora de aceite (con alivio de aceite ajustable), está localizada en la cámara del cojinete frontal del compresor. Éste consiste en una válvula de bola cargada por resorte. Ésta cuenta con un tornillo de ajuste que regula la presión en el resorte y la bola. Con menos presión sobre la bola, más aceite hace bypass el sistema de aceite y la presión de la línea es baja.

Para ajustar esta válvula, detener el compresor y remover la tapa para exponer el cañón ajustable. Encender el compresor y aumentar la presión de aceite. Para bajar la presión de aceite girar el tornillo contra sentido de reloj.

Ajustar la presión de aceite en la válvula reguladora para mantener un mínimo de 45 a 50 psig netos de presión de aceite (presión de aceite menos presión del cárter es igual a la presión neta de aceite).

Cuando la presión de aceite actúa sobre el mecanismo de descarga, es importante tener una presión neta de aceite en exceso de 45 libras netas, para proveer respuesta rápida del arreglo de descarga.

3.4.2. Arreglo para drenar aceite de la primera etapa

Durante la operación del compresor, cualquier retorno de aceite con el gas de succión usualmente se acumula en el múltiple de succión de la 1ra etapa. El aceite es drenado automáticamente y regresado al cárter del compresor de la siguiente forma:

- Mientras el aceite se va depositando en los múltiples de los dos bancos externos del compresor y es drenado por gravedad a través de una válvula de cheque hacia la reserva de aceite. La línea de equilibrio entre la reserva de aceite y la primera etapa de succión es abierta a través de una válvula solenoide de tres vías. Cuando el nivel de aceite se eleva en la reserva al nivel en que actúa el interruptor de flote, la válvula solenoide cambia de puerto. Esto causa que la línea de equilibrio de la reserva de aceite de la primera etapa de succión se cierre y la línea entre la segunda etapa de descarga y la reserva de aceite abre. Simultáneamente, el temporizador es energizado. El gas de descarga empuja el aceite fuera de la reserva, a través de una válvula de cheque y hacia el cárter de aceite. Al final del ciclo del temporizador, la válvula solenoide se revierte a su posición original para permitir drenar la línea de succión de la primera etapa.

3.5. Enfriador (intercooler) y súper enfriador (desuperheater)

La función del intercooler en un compresor de dos etapas, es el remover el calor de compresión de la primera etapa de compresión antes de que el gas entre en la segunda etapa de compresión, además subenfria el líquido de los recipientes del condensador.

El intercooler consiste de una carcasa por la que recorre un tubo concéntrico interno por el cual líquido de los recipientes es circulado y por el interior de la carcasa circula el gas y la mezcla de gas-líquido de la primer etapa de descarga. Una válvula de expansión termostática regula la cantidad de gas que pasa por el intercooler.

Líquido refrigerante, proveniente del recipiente, entra el tubo interno de la carcasa. Una pequeña cantidad de este líquido es sangrado y medido a través de la válvula de expansión termostática para mantener el nivel a presión intermedia en el tubo interno. Mientras el líquido caliente pasa a través de los tubos, este es subenfriado por el líquido del tubo interno que está a menor temperatura. El calor absorbido por el líquido del tubo interno produce que este hierva. La mezcla gas-líquido resultante es entubada hacia la línea de la primera etapa de descarga que conducen a la carcasa externa y es mezclada con el gas de descarga de la primera etapa.

El gas de descarga de la primera etapa es superenfriado mezclándolo con la mezcla gas-líquido que está a mucho menor temperatura, por la subsecuente ebullición del líquido contenido en esta mezcla del tubo interno y por contacto con la superficie externa del tubo interno relativamente fría. El gas subenfriado de la carcasa externa es alimentado a los cilindros de la segunda etapa.

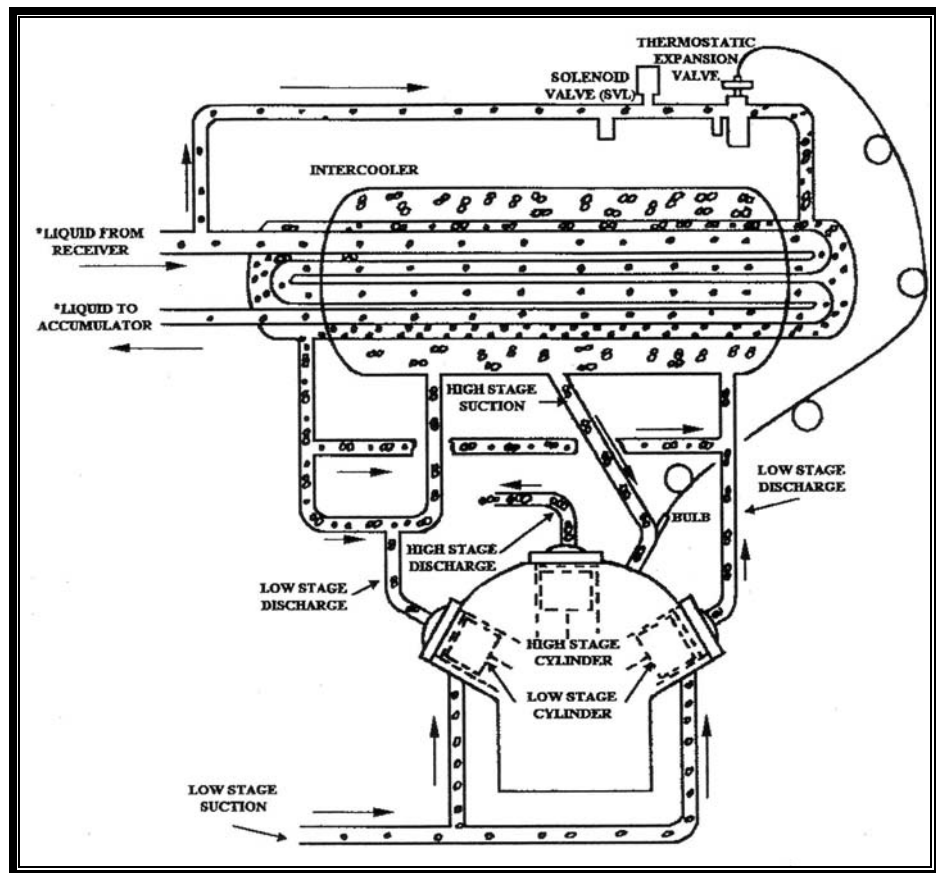
El bulbo de la válvula de expansión termostática está localizado en la salida del intercooler (línea de succión de la segunda etapa), donde sensa la temperatura del gas saliente, ajuste el flujo de refrigerante hacia el tubo interior.

Un subenfriador o intercooler no debe ser instalado en la línea de alta presión de líquido antes del intercooler del compresor de dos etapas. Esto es para evitar una alimentación excesiva hacia la válvula de expansión termostática debido a que el intercooler no está cumpliendo su función.

Capacidades mayores son obtenidas con un intercooler que con un superenfriador, si el efecto del líquido subenfriado es usado a su mejor ventaja.

La línea de líquido del intercooler debe ser aislada, de lo contrario este recogerá calor mientras pasa a través de una habitación no acondicionada y la eficiencia resultante será menor que si no se usara un subenfriamiento. El intercooler y la línea de éste al compresor debe ser aislada. El aislante consiste en capas de hoja aislante. En la figura 9 puede verse un diagrama de flujo del refrigerante en un compresor con intercooler.

Figura 9. Diagrama del flujo de refrigerante por el intercooler

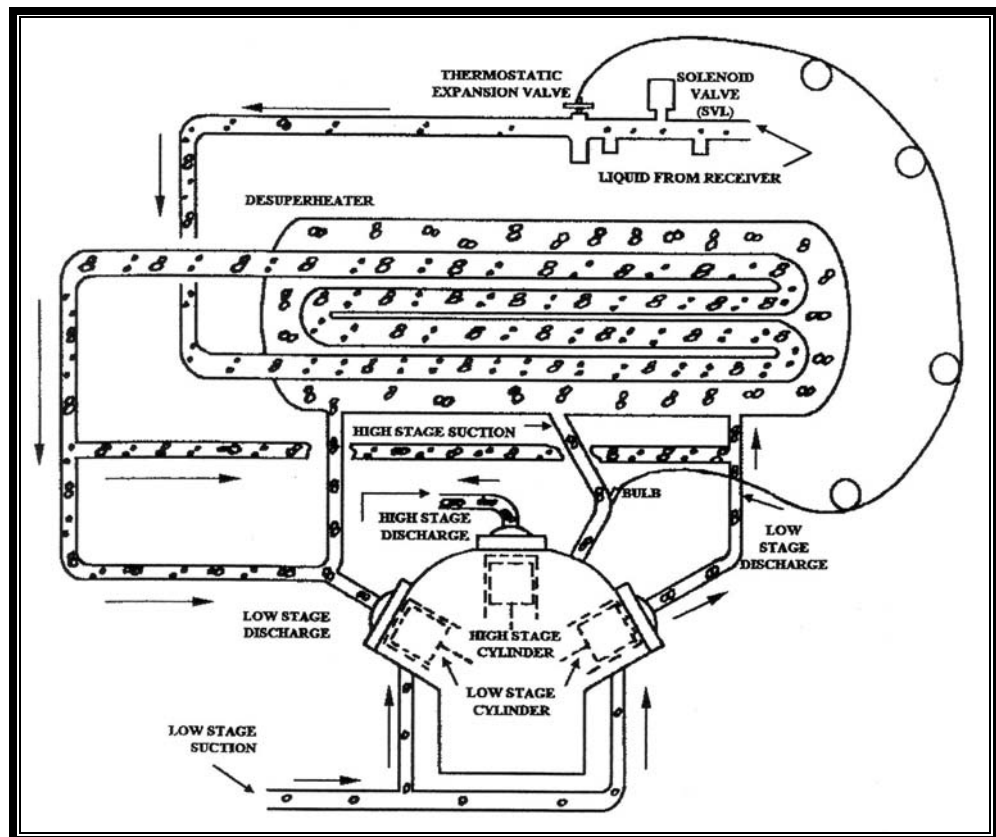


Detalle figura 8:

<i>Intercooler</i>	= Interenfriador
<i>Solenoid valve</i>	= Válvula solenoide
<i>Thermostatic expansion valve</i>	= Válvula de expansión termostática
<i>Liquid from receiver</i>	= Líquido del recibidor
<i>Liquid to accumulator</i>	= Líquido al depósito
<i>High stage suction</i>	= Succión de segunda etapa
<i>Low stage discharge</i>	= Descarga de primera etapa
<i>High stage discharge</i>	= Descarga de segunda etapa
<i>Bulb</i>	= Bulbo
<i>High stage cylinder</i>	= Cilindro de segunda etapa
<i>Low stage cylinder</i>	= Cilindro de primera etapa
<i>Low stage suction</i>	= Succión de primera etapa

La operación del superenfriador es similar a la del intercooler. El gas refrigerante del evaporador de baja temperatura entra al compresor a través de la conexión de succión de primera etapa y es comprimido a la presión intermedia. El gas es entonces descargado ha cada lado del superenfriador, donde es subenfriado. Éste después entra a los cilindros de segunda etapa a través de la salida del superenfriador. El gas es comprimido a las condiciones de descarga y dirigido hacia el compresor. La figura 10 muestra un diagrama del flujo del refrigerante en un compresor con superenfriador.

Figura 10. Diagrama del flujo de refrigerante por el superenfriador



Detalle figura 9:

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <i>Desuperheater</i> | = Superenfriador |
| <i>Solenoid valve</i> | = Válvula solenoide |
| <i>Thermostatic expansion valve</i> | = Válvula de expansión termostática |
| <i>Liquid from receiver</i> | = Líquido del recibidor |
| <i>High stage suction</i> | = Succión de segunda etapa |
| <i>Low stage discharge</i> | = Descarga de primera etapa |
| <i>High stage discharge</i> | = Descarga de segunda etapa |
| <i>Bulb</i> | = Bulbo |
| <i>High stage cylinder</i> | = Cilindro de segunda etapa |
| <i>Low stage cylinder</i> | = Cilindro de primera etapa |
| <i>Low stage suction</i> | = Succión de primera etapa |

4. MANTENIMIENTO

4.1. Instrucciones generales de mantenimiento

4.1.1. Consideraciones generales

Cuando se trabaje en el compresor, deben tomarse precauciones para asegurar que contaminantes, tales como agua del hielo derretido o escarcha, polvo y tierra, no entren al compresor mientras se le hace mantenimiento. Es esencial que todo el polvo, aceite y hielo que se ha acumulado en la parte exterior del compresor sea removido antes de iniciar cualquier mantenimiento.

Todos los sellos, empaques, anillos, pines y arandelas deben ser reemplazadas durante el mantenimiento y reensamble del compresor.

4.1.2. Preparación del compresor para el mantenimiento

4.1.2.1. Extracción del refrigerante (717 amoníaco)

Remover todo el refrigerante del compresor antes del mantenimiento. Para evacuar debidamente el compresor, efectúe el siguiente procedimiento:

- Apagar la unidad, desconectar las conexiones eléctricas y retirar todos los fusibles del compresor y del motor para prevenir que la unidad se encienda. Bajar el interruptor de la caja de distribución eléctrica y colocar una señal que indique que el mantenimiento se está efectuando.

- Aislar la unidad cerrando manualmente la válvula de cheque de la línea de descarga. Cerrar las válvulas de abastecimiento de agua y abrir todas las válvulas solenoides para prevenir que el líquido refrigerante sea atrapado entre las válvulas de cheque y las solenoides. Permitir que la unidad se iguale a la presión de succión antes de cerrar la válvula de cheque de la línea de succión. Después que la unidad ha igualado a la presión de succión, despresurizar la unidad utilizando una bomba de succión u otro medio aceptable.
- Remover los tapones de drenaje de las cubiertas de los cojinetes, cárter del compresor y múltiple de descarga. Drenar el aceite a recipientes adecuados.
- Para retirar el gas atrapado entre las válvulas de descarga y las válvulas de cheque de descarga, cerrar la válvula del medidor de presión, remover el medidor, conectar una manguera a la válvula del medidor y poner el otro lado de la manguera en una cubeta con agua. Abrir la válvula y el agua absorberá cualquier amoníaco descargado.
- Conectar la manguera de la misma forma a la válvula del medidor de succión y el agua absorberá el resto del amoníaco. No dejar las mangueras en agua si el trabajo es detenido y el marco está aún caliente. Enfriar el marco puede producir efecto de sifón y llevar el agua de vuelta al marco del equipo a través de la manguera.

4.1.2.2. Remoción de aceite

Si el mantenimiento se efectuara en las válvulas solenoides de descarga, cambio de filtro de aceite, válvulas de descarga y succión, empaques de la culata, no se requiere que el aceite sea removido. Si es necesario acceder al cárter de aceite, desconectar la electricidad del calentador de aceite y remover el aceite a través de la válvula de drenaje.

Si se permite que una pequeña presión positiva permanezca en el cárter antes de que el compresor sea abierto, ésto forzará al aceite de la válvula de drenaje hacia un contenedor de capacidad adecuada. Es preferente tener una presión reducida de 13.8 kpa para minimizar la cantidad de espuma.

Después que el compresor ha sido servido, no reutilizar el aceite. Incluso el aceite reacondicionado contiene contaminantes que pueden producir daños al compresor.

4.1.3. Preparación del compresor post-mantenimiento

Se recomienda que 1 o 2 galones de aceite sean cargados vía la conexión del medidor de presión de aceite, esto para prevenir el arranque seco al forzar aceite por los pasajes del cárter, las bielas, cigüeñal y cojinetes. El nivel de aceite del cárter debe estar al menos de $\frac{1}{2}$ de lo máximo que indica la mirilla. Conectar la electricidad al calentador de aceite del cárter, cerrar todas las válvulas abiertas y verificar por fugas.

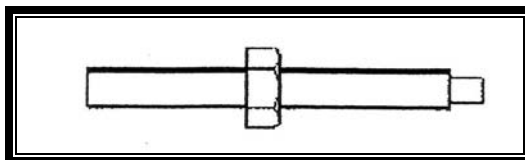
Ya que el aceite ha alcanzado una temperatura de aproximadamente 37.8°C, arrancar el compresor y permitir que este alcance la carga gradualmente. Alargar los períodos de operación hasta que se esté seguro de que no hay calentamiento excesivo de las partes móviles.

4.2. Mantenimiento de las cubiertas de los cilindros

4.2.1. Desensamble

Para remover las cubiertas de los cilindros, remover las líneas del sistema de control de capacidad y las líneas de agua (ó líneas de líquido de enfriamiento) de las cubiertas que van a removerse. Después, remover los dos tornillos que están uno opuesto al otro diagonalmente a través de la cubierta. Instalar dos pernos de ensamble en los agujeros de los tornillos y apretar hasta el fondo. Vea figura 10. Roscar las tuercas a los pernos hasta casi tocar las cubiertas. Remover los demás tornillos. Lentamente desenroscar las tuercas y asegurar que la cubierta del cilindro las siga hacia fuera.

Figura 11. Perno de ensamble y desensamble



Si la cubierta no sigue a las tuercas, detener el proceso y no regresar las tuercas más de una vuelta. Rompa el empaque y luego continúe con el procedimiento de remoción.

Los pernos son suficientemente largos como para aliviar la tensión antes de que las tuercas sean removidas. Recuerde, los pernos no deben girar junto con las tuercas. Después que toda la tensión ha sido removida, las tuercas pueden ser removidas, las cubiertas levantadas y los resortes del cilindro removidos. Es recomendable mantener las partes de cada cilindro en un lugar asignado para que no se mezclen con las de las de otro. Colocar la cubierta invertida sobre la mesa o banco de trabajo con los resortes colocados en su posición correcta en la cubierta.

4.2.2. Ensamble

Antes de reemplazar la cubierta en el compresor, inspeccionar los empaques de las cubiertas y del cuerpo del compresor. Remover cualquier desecho adherido a las superficies de éstos. Remover cualquier protuberancia o bordes irregulares de las superficies a unir para asegurar un sello hermético. Lubricar ligeramente ambos empaques. Colocar el empaque sobre los pernos y en contra del cuerpo del compresor en la orientación correcta. Colocar los resortes sobre las cabezas de los balancines de seguridad (rotando el resorte hasta que este se fije al balancín). Colocar la cubierta sobre los pernos y lentamente bájela sobre los resortes. Ya que todas las piezas están alineadas, colocar las tuercas en los pernos y empiece a apretarlas. Cuando la cubierta esta segura a 1 ¼ “ del empaque, instalar el resto de los tornillos para que éstos estén en contacto con la cubierta.

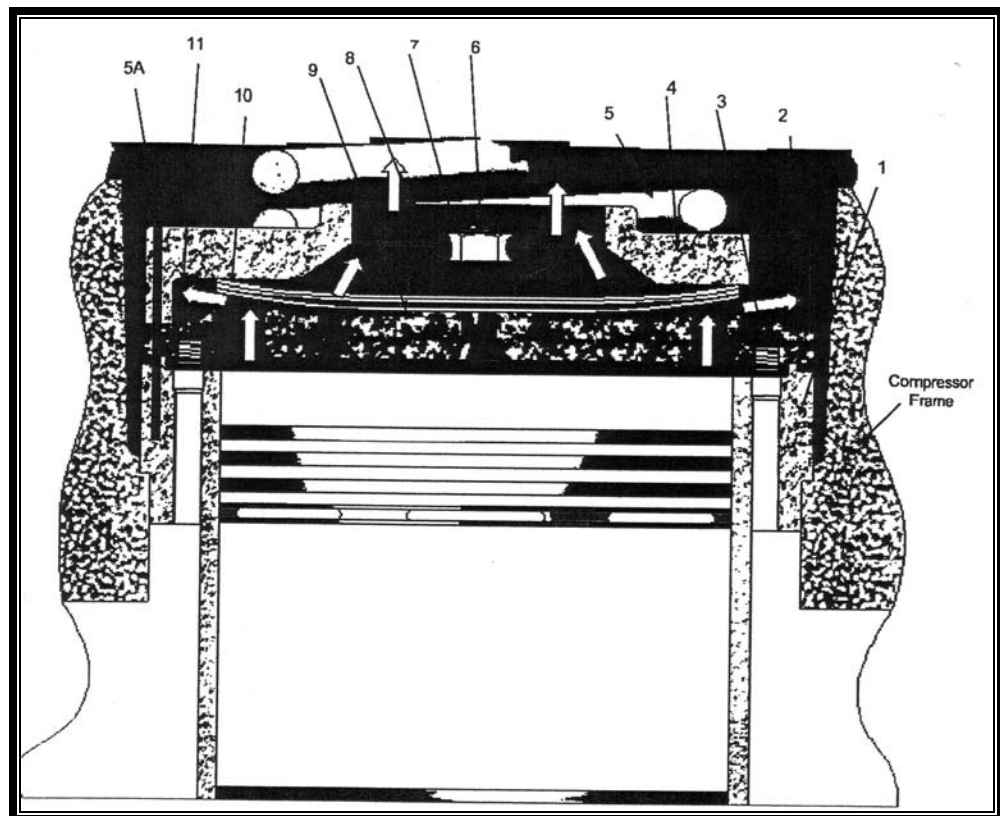
No apretar cada tornillo individualmente. Apretar alternando tornillos opuestos hasta que la cubierta este bien presionada contra el empaque. Remover los pernos de ensamble y reemplazar por los tornillos. Terminar de apretar los tornillos en un patrón opuesto utilizando los valores de torque recomendados en la tabla III del apéndice. Reinstalar las líneas del sistema de control de capacidad y de líquido de enfriamiento. Verificar que no haya fugas.

4.3. Mantenimiento de asientos de válvulas de succión y descarga

4.3.1. Desensamble

Para realizar mantenimiento en los asientos de las válvulas del compresor, remover las cubiertas de los cilindros. En los cilindros sin mecanismo de descarga, las válvulas pueden removerse tan pronto como la cubierta es retirada. En la figura 12 puede verse la sección transversal superior de un cilindro.

Figura 12. Sección transversal superior del cilindro

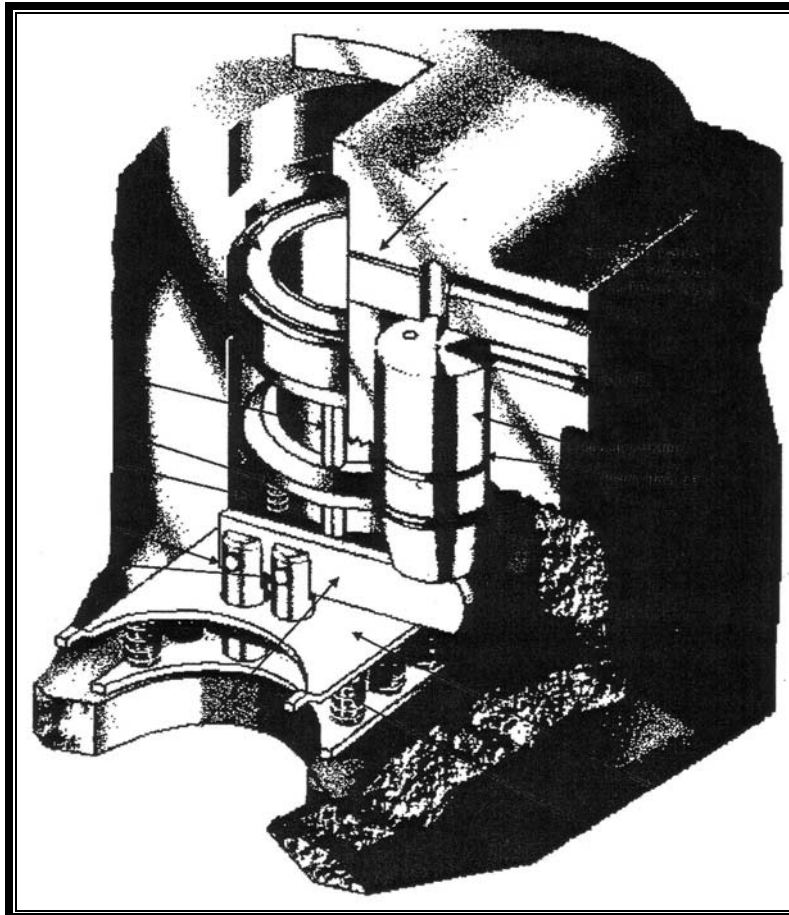


Detalle figura 11:

1. Camisa del cilindro
2. Plato de la válvula de succión
3. Resorte de la válvula de succión
4. Balancín de seguridad
5. Cabeza de seguridad del resorte
6. Tornillo retenedor de la válvula
7. Tuerca hexagonal de seguridad
8. Arandela de la válvula
9. Espaciador de la válvula
10. Diafragma de la válvula de descarga
11. Cabeza de seguridad
- 5A. Pin

Para los cilindros equipados con mecanismo de descarga, el mecanismo de descarga debe ser forzado hacia abajo antes de que se les de mantenimiento a las válvulas. Si el mecanismo de descarga continúa arriba, la válvula de succión es forzada fuera de su asiento y no se asentará y colocará correctamente durante el reensamble. Para mantener el mecanismo de descarga abajo, remover el tapón del agujero "B" del cuerpo del compresor. Force el pistón de descarga hacia abajo e inserte una varilla corta de 5/16" de diámetro para retener el pistón en la posición baja. Use un mazo de madera para forzar el pistón hacia abajo, esto evitará rayar el pistón o dañarlo, ya que el pistón está en la posición baja, puede hacerse el mantenimiento de las válvulas. En la figura 12 se muestra el mecanismo control de capacidad tipo bala para cilindros con mecanismo de descarga.

Figura 13. Mecanismo de control de capacidad tipo bala



4.3.2. Ensamble

Antes de ensamblar las válvulas, cabeza de seguridad y balancín, utilizar un solvente para remover cualquier tinte, pintura o cinta adhesiva que se uso para marcar las piezas.

Colocar las válvulas de succión en sus agujeros con el lado que tiene dos resortes cercanamente unidos para cubrir el fondo del agujero y luego girarla con la punta del dedo. Esto asegurará el resorte en su lugar. Los resortes están correctamente instalados cuando la cabeza de seguridad puede ser invertida sin que los resortes caigan. Son usados resortes que son de la misma “mano” (enrollados en la misma dirección). Esto permite que las válvulas roten durante la operación. Cuando las válvulas rotan, ésto produce que cualquier imperfección o protuberancia en el asiento de la válvula sea eliminada, además limpia cualquier material contaminante que se aloje entre la válvula y el asiento. También que el desgaste de la válvula sea más uniforme.

4.4. Mantenimiento de las bandas V

4.4.1. Remoción de la banda

- Remover la guarda de la banda.
- Afloje las clavijas del riel del motor. Elimine la tensión de las bandas para proveer suficiente soltura para retirarlas sin tener que tirar o enrollarlas.
- Si las bandas serán reutilizadas márkuelas en la dirección en que estaban colocadas en las ruedas. Entonces pueden ser removidas.

4.4.2. Remoción del volante

- Remover los tornillos que sostienen el volante al eje.
- Remover el volante con una herramienta adecuada. Colocar varias arandelas contra el final del eje para que éstas se extiendan más allá del centro del volante.

4.4.3. Reparaciones

Si van a reemplazarse componentes del mecanismo de transmisión de potencia por bandas es necesario reemplazarlos con componentes idénticos. Debido a las condiciones de operación y de potencia (hp) del compresor, el número de bandas en el compresor pueden variar de 2 a 10 bandas y no todas las ranuras del volante serán ocupadas.

Las bandas deberán ser inspeccionadas por abrasión, desgarre o cualquier indicación de daño al volante o problemas de alineación. Las bandas también deberán ser inspeccionadas por dobladuras e imperfecciones mientras son colocadas, ya que ésto indica daño interno debido a instalación incorrecta. Las bandas deben ser limpiadas solamente con agua y jabón.

Las bandas deben siempre ser reemplazadas en juegos para minimizar variaciones en el largo de las nuevas bandas. El mismo número debe estar marcado en todas las bandas de un juego.

4.4.4. Instalación de las bandas

4.4.4.1. Alineación

Desalineación vertical angular resulta cuando los ejes del motor y compresor están en el mismo plano vertical, pero no en el mismo plano horizontal. Una regla plana es sostenida contra la cara de la polea del compresor. La distancia de la regla hasta la parte superior e inferior de la rueda de transmisión del motor son comparadas. Estas distancias deben ser iguales.

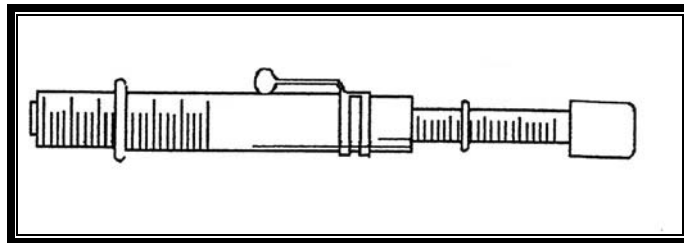
La alineación paralela se hace por último. Al hacer esto se verifica que las ranuras de la polea del compresor y motor están alineadas entre sí. Esto se mide con una regla colocada en el anillo externo al borde de la primer ranura usada en la polea del compresor. Esto es comparado con una medición tomada con la regla hasta la ranura correspondiente en la rueda del motor. La posición de la rueda es entonces ajustada para asegurar que la rueda y el volante están alineados.

4.4.4.2. Tensión de las bandas

La tensión correcta es esencial para asegurar una larga vida útil de las bandas y una máxima transmisión de potencia. Una tensión incorrecta se traducirá en una operación ineficiente y excesivo calor. La tensión correcta es la mínima tensión para la cual las bandas no se deslizaran bajo carga máxima.

El instrumento que proporciona la mejor exactitud en las mediciones de la tensión de las bandas es la escala de resorte de tensión de banda. Vea la figura 13. Este instrumento mide la cantidad de fuerza necesaria para deflectar la banda una distancia determinada. El rango de la lectura debe estar entre 12 y 18 lbs. La deflexión debe ser 1/64" por pulgada de la distancia entre centros de las ruedas de transmisión. Por ejemplo si la distancia entre centros es de 38", la magnitud defletada debe ser 19/64 y la fuerza requerida debe estar entre 12 y 18 lbs.

Figura 14. Escala de resorte



La escala de tensión debe ser colocada en la mitad de la distancia entre centros. La escala es entonces empujada hacia abajo hasta que la deflexión apropiada sea alcanzada. La tensión deberá ser entonces medida y anotada. La operación se debe repetir para cada banda del arreglo.

Si la tensión es muy baja, las bandas deben ser ajustadas de forma homogénea y la tensión debe ser nuevamente verificada.

La tensión entre bandas de un mismo juego no debe variar mas de +/- 1 lbs. Datos inconsistentes en las mediciones de tensión de las bandas, es indicación de un mal alineamiento, longitud de las bandas y desgaste de las ruedas de transmisión. Cualquiera de los problemas anteriores deberá ser corregido antes de que el compresor regrese a operación.

4.5. Mantenimiento del mecanismo de ajuste de presión de aceite

4.5.1. Desensamble

El mecanismo de ajuste de presión de aceite esta localizado en la cubierta del cojinete frontal del compresor. Este consiste en un balín actuado por un resorte sobre un asiento maquinado. Un tornillo de ajuste sirve para cambiar la cantidad de aceite, ésto cambia la presión de aceite.

Remover la tapa. Una herramienta especial incluida con el compresor debe usarse para remover el empaque. Después de remover el empaque, usar un destornillador largo para destornillar la espiga. El embalaje con dos arandelas también debe zafarse. Utilizar un lápiz magnético para extraes el resorte y el balín de acero.

4.5.2. Reensamble

Limpiar el balín y colocarlo en el agujero del asiento. Colocar el resorte de acero inoxidable sobre el balín. Atornillar la espiga de ajuste. Colocar una arandela al final de la espiga, luego el empaque y luego otra arandela. El ajuste de presión de aceite debe ser reiniciado antes de regresar a operación el equipo. Reemplazar el empaque de la tapa.

4.6. Mantenimiento del filtro micrónico

4.6.1. Remoción del filtro

Para remover el filtro, drenar el tanque removiendo el tapón de la tubería (este puede estar en la parte de abajo o a un lado del tubo). Luego remover uno de los tornillos frontales. Este puede después ser roscado de vuelta en al menos dos giros. Esto será el punto de pivote o bisagra para mecer el filtro y tanque para una fácil remoción. Destornillar los tres tornillos restantes alternadamente, el tanque empezará a descender hasta que el primer tornillo instalado entre en contacto con el adaptador del filtro. Forzar al plato del tubo central y fuera de su agujero de conexión al mismo tiempo pivoteando el tanque del filtro. Ya que el filtro y tubo central pueden ser removidos, desensamble el tubo central removiendo el plato con resorte del fondo. Deslizar hacia fuera el filtro usado. Lavar el tubo y asegurar que quede bien limpio.

4.6.2. Reemplazo el filtro

Asegúrese de remover el empaque del adaptador del filtro usado y reemplazarlo por uno nuevo. Después de limpiar el tanque, reinstalar el tapón del tubo de drenaje. Instalar el tanque sobre el tornillo pivote. Agregar aceite nuevo, llenando hasta la mitad del tanque. Ensamblar el nuevo filtro en el tubo central. Lentamente colocar el filtro dentro del tanque y permitir que el nuevo filtro absorba el aceite. Pivotear el tanque debajo del adaptador y alinear el tubo central en su agujero. Colocar los tornillos y apriete el filtro a su adaptador.

4.7. Mantenimiento del cárter de aceite

4.7.1. Remoción del empaque del cárter

El volante deberá ser removido. Desconectar la línea de tubería del fondo de la carcasa frontal. Aceite será drenado de la cámara de aceite, debe estar preparado para coleccionar este aceite. Ya que el aceite fue drenado, remover los 8 tornillos de la cubierta. Al remover la cubierta, se debe tener precaución pues el sello de carbón puede zafarse junto con la cubierta. Si el empaque va a ser reutilizado, limpiar la superficie del eje y evitar que entre cualquier contaminante dentro de la carcasa.

Tomar los fuelles de hule frontales y tire hacia delante. Esto debe zafarlos. Remover el resorte largo.

El siguiente paso es remover los 3 tornillos que sostienen el asiento del espejo interno. Poner 2 de los tornillos en los agujeros roscados del retenedor. Rotar el retenedor de modo que los tornillos estén en las posiciones 3 y 9 en punto del reloj. Tirar de los tornillos para asistir en la remoción del retenedor y del resto el ensamble del empaque. Limpiar la cámara del empaque con un limpiador para equipo de refrigeración apropiado. Después recubrir toda el área incluyendo el cigüeñal para prevenir oxidación.

4.7.2. Instalación de un nuevo empaque

Remover los asientos del espejo del retenedor interno y cubierta externa. La cara del espejo puede ser removida golpeteando contra la parte de atrás que esta expuesta. Asegúrese que estas partes sean limpiadas. Colocar las partes sobre una superficie plana con el agujero hacia arriba. Lubricar con aceite el área de sellado de los anillos. Tomar la cara del espejo (no tocar la superficie pulida), lubricar con aceite los anillos externos y colocar en la cubierta o retenedor con la cara del espejo hacia arriba. Utilizando un paño muy limpio, cubrir la cara del espejo y con la palma de la mano colocar el espejo en agujero. Repetir este procedimiento para la otra cara del espejo.

Se recomienda que si es necesario reemplazar una de las piezas del ensamble del empaque, es preferible reemplazar todo el ensamble por uno nuevo.

Asegurar que el pasaje de aceite en el eje no este obstruido. Instalar la cara de espejo del retenedor interno, colocar la cubierta con la palabra "TOP" hacia arriba. Apretar homogéneamente los 3 tornillos.

El ensamble del sello es simétrico, puede ser colocado en cualquier dirección. Aplicar aceite sobre la cara interna del espejo, libremente cubra de aceite uno de los fuelles y ensambles de carbón. Evitar entrar en contacto con el carbón. Cuidadosamente deslizar el ensamble sobre el eje hasta que el carbón toque la cara del espejo. Poner el resorte en el eje, sellar el ensamble de los fuelles y deslizarlos en el eje para que se unan con el resorte. Con el nuevo empaque en su lugar, instalar la cubierta.

Empujar la cubierta hasta el fondo, alineando los agujeros de los tornillos de forma que el drenaje quede en la parte de abajo. Apretar los 8 resortes de forma homogénea con los requerimientos de torque indicados. Vea tabla.

4.8. Mantenimiento de los pistones de compresión y descarga

La forma más sencilla de reemplazar los anillos de los pistones es envolver el rededor del pistón con una delgada pieza de papel antiadhesivo y deslizar el anillo fuera por sobre éste. No forzar el anillo. Los anillos son quebradizos y pueden romperse. También puede usarse una herramienta para extracción de anillos.

Tanto los anillos de lubricación y de compresión esta marcados para indicar que lado va hacia arriba. Rotar los anillos para que las separaciones de estos no queden alineadas pues esto podría provocar escape de compresión.

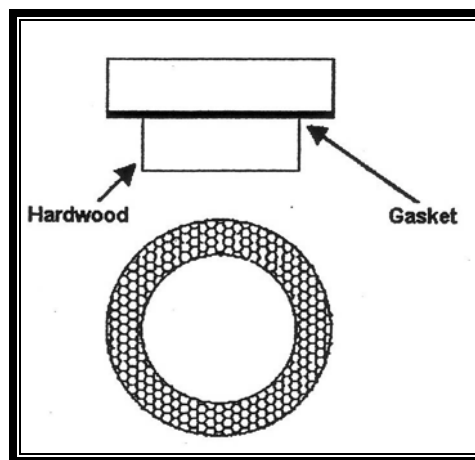
Si los pines y los bushings muestran señal de desgaste, no podrán ser reemplazados. Debe de cambiarse el juego del ensamble del pistón completo.

El pin que asegura el pistón a la biela no debe deslizarse fácilmente dentro de su cavidad, éste debe ser insertado o extraído con cierta dificultad. Es necesario el golpear ligeramente al pin con un trozo de madera y un martillo. Asegurar que el agujero del bushing de la cavidad del pin este alineado de forma que el pin no pueda deslizarse hacia fuera del agujero. Ya que el pin está en su lugar instalar los anillos de seguridad del pin, uno de cada lado del pin del pistón.

Si la inspección indica que las tejas de la biela están desgastadas estas deben ser reemplazadas. Al instalar nuevas tejas asegurar que no hay aceite entre las superficies de la biela y teja.

Lubricar el interior del cilindro y todo el pistón. La mejor forma de instalar el pistón es usando un compresor de anillos. Vea la figura 14.

Figura 15. Herramienta para compresión de anillos



Detalle figura 15:

Hardwood = Madera dura

Gasket = Empaque

El compresor utiliza 3 anillos de compresión y 1 de lubricación. Al instalarlos verificar que las ranuras para estos estén limpias.

Para instalar el pistón empujar hacia abajo hasta que la biela asiente contra el cigüeñal. Colocar la otra mitad del cojinete de la biela y fijar la biela al cigüeñal con el torque requerido. Vea tabla. Asegurar que las tejas de la biela estén bien limpias para no rayar el cigüeñal. Lubricar las superficies de las tejas que estarán en contacto con el cigüeñal.

4.9. Anillos de elevación para el sistema de descarga

4.9.1. Desensamble

Invertir la camisa del cilindro y colocar sobre una superficie plana. Localizar el lado rebajado del seguro del anillo que sostiene al anillo en su lugar, mientras empuja hacia abajo el anillo de elevación en esta área. Quitar el seguro del anillo de su ranura y continúe por todo el contorno de la camisa.

Remover el seguro del anillo y deslizar hacia arriba y fuera de la camisa. Después ya puede retirar los 8 pines y resortes.

4.9.2. Reensamble o reemplazo

Para reinstalar o reemplazar realizar el mismo procedimiento que para el desensamble pero a la inversa.

4.9.3. Reemplazo de las camisas

Antes de que estas sean instaladas, asegurar que la superficie externa de estas este bien limpia y el área de asiento en el marco este libre de materiales contaminantes. Deslizar la camisa dentro del marco y alinearla con en la cavidad. Introducir el pin por la parte superior de la camisa, éste puede estar orientado de modo que si se traza una línea imaginaria entre pines opuestos formarían la letra "X". Asentar la camisa en el marco y asegurar firmemente con la apropiada herramienta para ajuste de camisas de cilindros. Vea figura. Para remover la camisa usar una herramienta especial para remoción de camisas de cilindros. Vea figura.

4.10. Mantenimiento del enfriador de aceite

4.10.1. Inspección

Debido a que el agua contiene de químicos en solución y el lado de agua del enfriador de aceite esta constantemente expuesto a estos químicos, debe inspeccionar la condición de los tubos frecuentemente. Inspeccione las paredes de los tubos por indicios de corrosión, incrustaciones u otras indicaciones de daño. Si cualquier señal de deterioro en los tubos es detectada deben tomarse acciones correctivas de inmediato.

Cuando la temperatura del aceite se eleva por encima de lo normal esto es una indicación de que algún componente del sistema de control de temperatura no esta funcionando apropiadamente o de la existencia de algún problema del sistema o falla mecánica en el compresor.

Inspeccionar que todas las válvulas de control automáticas y manuales del sistema estén operando correctamente. Inspeccionar todos los medidores de presión y termostatos.

Verificar que el nivel de agua sea el correcto para asegurar un flujo de agua apropiado a través del enfriador sea provisto. Además limpiar todos los estranguladores.

4.10.2. Desensamble y limpieza

Si la temperatura de aceite no regresa a la normalidad después de realizar los ajustes necesarios y el flujo de agua a través del enfriador de aceite es el correcto, es posible que algún material contaminante se ha depositado en el cuerpo del enfriador.

Cuando materiales extraños se acumulan en el enfriador, la eficiencia del enfriador se ve afectada. Estos materiales deben ser removidos. Remover todos los materiales contaminantes de las cabezas internas. Limpiar las superficies de los empaques y sellos y reemplazarlos si es necesario. La calidad, tipo de agua que se utiliza y las condiciones de operación determinan los períodos de limpieza. Utilizando filtros estranguladores en las líneas de agua extiende el tiempo entre los períodos de limpieza.

4.11. Sugerencias de mantenimiento

Para asegurar que el compresor no sufra desperfectos mecánicos o fallas del sistema, un programa de mantenimiento preventivo es altamente recomendado. Llevando a cabo los siguientes pasos a los intervalos de tiempo indicados mantendrá el compresor en óptimas condiciones

4.11.1. Inspección diaria

Limpiar la bolsa tamiz de la línea de succión. El uso de la bolsa puede ser discontinuado cuando la bolsa permanece limpia. Reservar para modificaciones del sistema u overhall.

4.11.2. Inspección semanal

- 1) Verificar que el sistema no tenga fugas.
- 2) Verificar el nivel de aceite y la condición de éste.
- 3) Verificar la presión de aceite. Determinar si el filtro de aceite requiere ser recargado.
- 4) Verificar los niveles de refrigerante en los contenedores.
- 5) Verificar que los filtros en las unidades de manejo de aire estén limpios. De no ser así deben ser reemplazados.
- 6) Verificar que no se halla formado escarcha en tubos capilares.
- 7) Verificar que las lecturas de todos los medidores son correctas.

4.11.3. Mantenimiento mensual

- 1) Lubricar cada pieza de acuerdo con las especificaciones del fabricante. Como guía general, los cojinetes que requieren aceite deben ser lubricados al menos una vez al mes y lo que requieren grasa, una vez cada 6 meses.
- 2) Corregir la tensión de las bandas de transmisión de potencia si ésta no es la correcta o reemplazar las bandas de ser necesario.

- 3) Verificar que los condensadores evaporativos no tienen incrustaciones o formación de mohos. Verificar también que los atomizadores y pantallas no estén obstruidas, de ser así deberá limpiar o reemplazar estos componentes. Si se han formado incrustaciones o mohos se debe tomar medidas para el tratamiento de agua para resolver el problema.
- 4) Verificar que los enfriadores de aceite no muestren señales de corrosión, incrustación o cualquier señal de deterioro.

4.11.4. Mantenimiento anual

- 1) Inspeccionar todo el sistema por fugas. De encontrarlas debe reparar el sistema.
- 2) Drenar el agua de los condensadores e inspeccione los tubos. Inspeccione por daños, corrosión e incrustaciones.
- 3) Limpiar todo el óxido de la unidad, limpie y píntela.
- 4) Inspeccionar los ventiladores por daños en el eje, aspas, cojinetes y funcionamiento de los motores.
- 5) Inspeccionar la operación y condiciones generales de los controles eléctricos.
- 6) Inspeccionar toda la línea de agua, filtros y estranguladores.
- 7) Inspeccionar el sistema de transmisión de bandas. Reemplazar las bandas si estas están desgastadas o encuentra cualquier falla o deterioro.

- 8) Verificar el estado de los drenajes para asegurar que el agua fluya alejándose del compresor y equipo.
- 9) Drenar y limpiar el cárter del compresor.
- 10) Realizar un lavado con una mezcla de agua y aceite (flushing) a todo el circuito de aceite. Reemplazar el filtro de aceite. Recargar con un aceite nuevo, limpio y libre de agua.
- 11) Inspeccionar y limpiar los filtros y estranguladores de succión.
- 12) Cuando el equipo de refrigeración es operado todo el año, un examen anual de todos los componentes del compresor es recomendado. La operación continúa y cualquier presencia de suciedad puede ser causa de detrimento de la máquina. Para prevenir paros o colapso, el compresor debe ser abierto anualmente. Las condiciones de todos los componentes internos debe ser completamente inspeccionadas para determinar si las partes deben ser reparadas o reemplazadas.

CONCLUSIONES

1. Es de suma importancia que no se transmitan vibraciones a la unidad, y que las vibraciones producidas por ésta sean minimizadas.
2. La transmisión de potencia por medio de bandas V, es un método muy eficiente y de fácil mantenimiento para transmitir potencia a la unidad de compresión.
3. Fugas de refrigerante presentes en el sistema, son un factor que tiene un gran efecto sobre la eficiencia, vida útil y costo de operación del equipo. En este caso particular, debido a que el líquido refrigerante es amoníaco, evitar fugas es también un factor de seguridad para el personal, pues el amoníaco es una sustancia tóxica.
4. La presencia de agua en el sistema de amoníaco propicia la formación de sustancias contaminantes no condensables y de soluciones ácidas, que pueden causar serios daños en la unidad, líneas de refrigerante, válvulas y otros accesorios del equipo. Por esto debe ser removida por completo del sistema.
5. El uso de un intercooler o de un superenfriador entre etapas de compresión, proporciona una mayor eficiencia al sistema. Siendo el intercooler el que proporciona el mayor beneficio entre ambos.
6. El tener un plan de mantenimiento preventivo, es uno de los mejores métodos de asegurar un buen funcionamiento de la unidad de compresión. Previniendo y detectando posibles fallas en los componentes o en el sistema.

RECOMENDACIONES

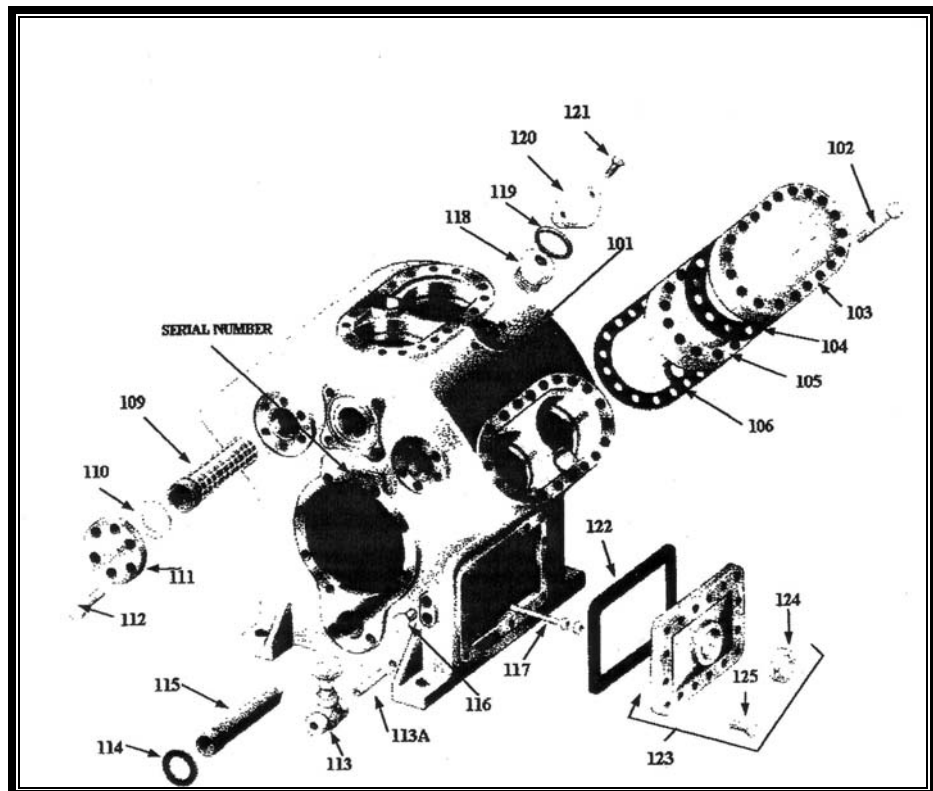
1. Asegúrese de colocar la unidad en un lugar nivelado, con buena ventilación y con un drenaje cerca.
2. La tensión de las bandas de potencia debe ser ajustada cuando sea necesario, para asegurar la máxima transmisión de potencia y el menor desgaste de éstas.
3. Los equipos de control de temperatura y limpieza de aceite, deben mantenerse en perfecto estado para prevenir arranques en frío, sobrecalentamiento, corrosión y desgaste. Todos los problemas mencionados son propiciados si las condiciones apropiadas de aceite no son adecuadas.
4. Tenga cuidado de no inundar el compresor con refrigerante, pues esto puede ocasionar la formación de lodos y causar considerables daños a la unidad.
5. La interrupción periódica del flujo de líquido al intercooler deben evitarse. Esto puede producir un excesivo arrastre de la válvula de expansión termostática, resultando en el posible transporte de líquido a los cilindros de la segunda etapa.
6. Antes de iniciar el mantenimiento del compresor, asegúrese que todo el exterior de la unidad y áreas adyacentes estén limpias y libres de aceite, para asegurar que ningún contaminante entre en la unidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. Avallone Eugene & Baumeister III. **Marks Manual del Ingeniero Mecánico**. 9ª. edición. México: Editorial McGraw Hill. 1996.
2. Grimaldi John & Simonds Rollin H. **La seguridad industrial. Su administración**, 2ª. edición. México: Editorial Alfaomega. 1996.
3. Nievel Benjamin W. **Ingeniería Industrial. Métodos, tiempos y movimientos**, 9ª. edición. Colombia: Editorial Alfaomega. 1996.
4. Gerstenberg & Ageer A/S. **Instructions for Pertector Plant**. si: se, sa.

ANEXOS

Figura 15. Componentes del marco del compresor

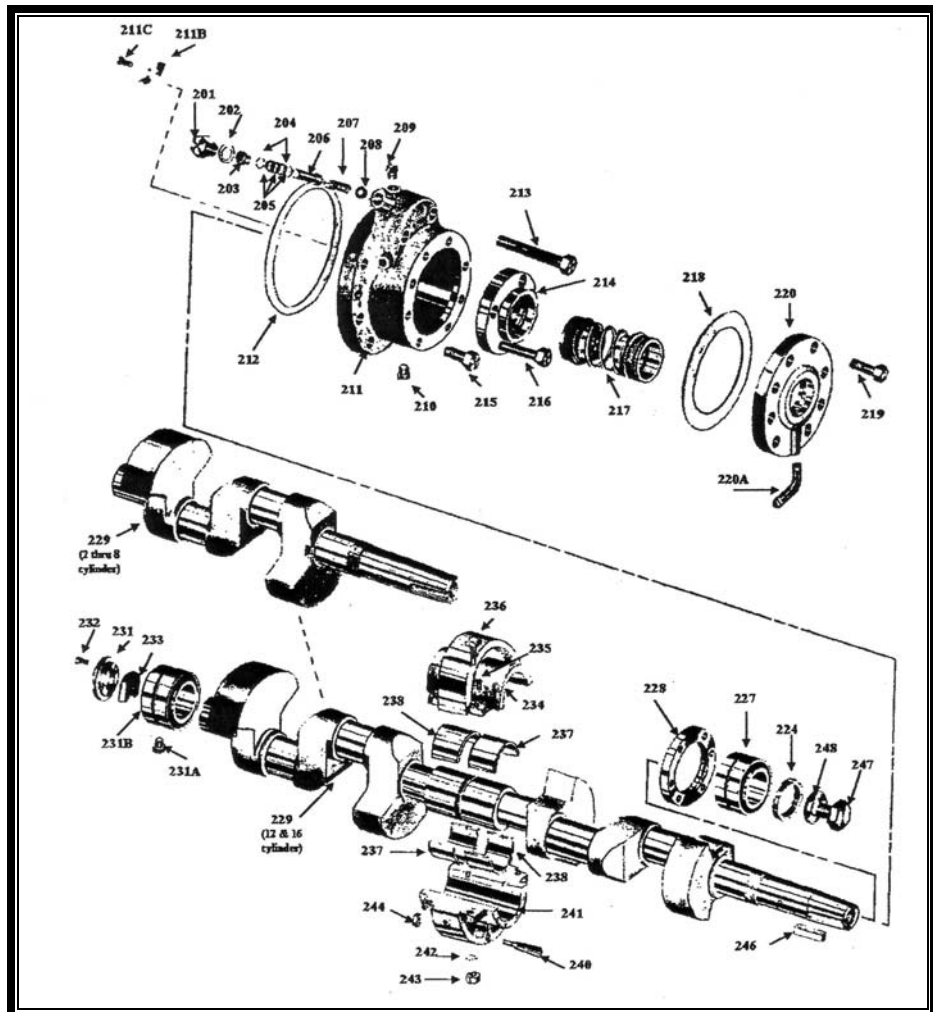


Gerstenberg & Ageer A/S. *Instructions for Pertector Plant.*

Tabla I. Detalle figura 15

Número	Componente	Cantidad
101	Marco	1
102	Tornillo 5/8" X 3 1/2" Hexagonal	160
103	Cubierta, camisa de agua	8
104	Empaque, camisa de agua	8
105	Cubierta de cilindro	
	Bancos con control de capacidad	4
	Bancos sin control de capacidad	4
106	Empaque, cubierta del cilindro	8
107	Perno 5/8" X 3"	8
108	Codo 3"X3", línea de descarga	2
109	Pantalla filtro	2
109 ^a	Bolsa de succión (no se muestra)	2
110	Empaque, cubierta de pantalla de succión	2
111	Cubierta, pantalla de succión	2
112	Tornillo, 1/2" X 1/2" Hexagonal	16
113	Válvula, 1/2" actuada por aceite	1
113 ^a	Niple, 1/2" X 4" cel 80 tubería	1
114	Empaque, pantalla filtro del cárter	1
115	Ensamble de pantalla del cárter	1
116	Tapón 3/4" Hexagonal tubería	1
116	Tapón 1/2" Hexagonal tubería	1

Figura 16. Componentes de cigüeñal y cojinete frontal



Gerstenberg & Ager A/S. *Instructions for Pertector Plant.*

Tabla II. Detalle figura 16

Número	Componente	Cantidad
229 ^a	Tapón, 1/8" Hexagonal tubería	5
229B	Tapón 3/4" Hexagonal tubería	4
231	Retenedor, cojinete posterior	1
231 A&B	Juego de pines de seguridad cojinete posterior	1
232	Tornillo 5/15"X1 1/2" Hexagonal	4
233	Manivela de la bomba de aceite	1
234	Tapa soporte de cojinete	1
235	Pin, 1/4" X 1" clavija	2
236	Tornillo 1/2" X 1 3/4" maquinado	4
237	Cojinete, mitad derecha superior o izquierda inferior	2
238	Cojinete, mitad izquierda superior o derecha inferior	2
240	Pin	1
241	Soporte de cojinete	1
242	Arandela, 1/2" seguro de resorte	4
243	Tuerca, 1/2" Hexagonal	4
244	Tuerca, 9/16" Hexagonal	1
246	Llave del cigüeñal	1
247	Tornillo, centro del volante	1
248	Arandela, centro del volante	1

Tabla III. Especificaciones de torque

Tornillo	Grado	Torque en lbs/ft	Aplicación
5/8X1 ½	2	95	Cabeza del cilindro
5/8X2	2	95	Cubierta de pantalla de succión
½ X 1 ½	5	75	Cubierta de pantalla de succión
¾ " Hex	5	75	Tapón
½" Hex	2	50	Tapón
5/8 X 2	2	95	Cubierta de válvula de seguridad
½ X 1 ½	5	75	Tapón de cubierta
½ X 1 ½	5	20	Tapa de válvula
¼" Hex	5	20	Cubierta de cojinete frontal
3/8" Hex	5	35	Cubierta de cojinete frontal
5/8 X 4	5	100	Cubierta de cojinete frontal
5/8 X 2	2	100	Cubierta de cojinete frontal
½ X4	5	75	Retenedor de cojinete frontal
½ X 1 ¾	5	75	Cubierta del sello del eje tornillo de seguridad del cojinete
5/16 X 1 ½	2	11	Retenedor del cojinete posterior
Tuerca ½"	2	50	Soportes de cojinetes
Tuerca 9/16"	2	65	Seguro del volante
1 X 1 7/8	2	250	Seguro del volante
7/16 X 2	2	30	Carcaza del filtro de aceite
5/8 X 2	2	95	Cubierta del cojinete Posterior
½ X 1 ¾	5	75	Bomba de aceite

Tabla IV. Límites del compresor

Parámetro	Límite
Temperatura de succión	25 °F
Relación de compresión	8:1
Presión diferencial	250 psig
Temperatura de descarga	300 °F
Presión de descarga	350 psig
Presión de succión	150 psig
Temperatura de aceite	150 °F
Caballaje de transmisión por banda	
A 900 RPM	255 BHP
A 810 RPM	200 BHP
A 730 RPM	180 BHP