



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA
COMPRESORES DE TORNILLO QUE USAN AMONÍACO PARA
REFRIGERACIÓN**

Rómulo Emilio Jerez Sazo

Asesorado por Ing. Luis Alfredo Asturias Zúñiga

Guatemala, septiembre de 2005

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA
COMPRESORES DE TORNILLO QUE USAN AMONIACO PARA
REFRIGERACIÓN**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

RÓMULO EMILIO JEREZ SAZO

ASESORADO POR ING. LUIS ALFREDO ASTURIAS ZÚÑIGA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2005

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

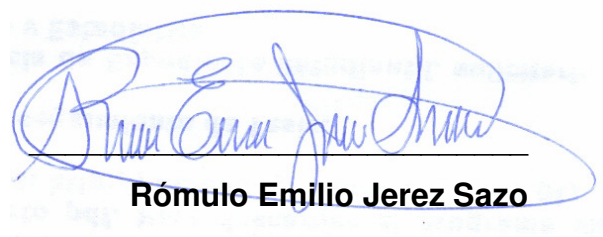
DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Alvaro Antonio Ávila Pinzón
EXAMINADOR	Ing. Guillermo Alberto Benítez de León
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA COMPRESORES DE TORNILLO QUE USAN AMONÍACO PARA REFRIGERACIÓN,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica con fecha 12 de Mayo de 2,005.



Rómulo Emilio Jerez Sazo

Guatemala, 31 de agosto de 2005

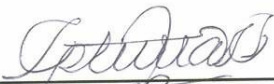
Ing. José Arturo Estrada Martínez
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Director:

Respetuosamente me dirijo a usted con el propósito de informarle que, luego de haber revisado el trabajo de graduación titulado: “ **PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA COMPRESORES DE TORNILLO QUE USAN AMONÍACO PARA REFRIGERACIÓN** ”, el cual fue presentado por el estudiante Rómulo Emilio Jerez Sazo y, después de haberle realizado las correcciones pertinentes, considero que cumple con los objetivos que le dieron origen.

Por tanto, hago de su conocimiento que, en mi opinión, dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser sometido a su aprobación para el efecto.

Atentamente,



Ing. Luis Alfredo Asturias Zúñiga

No. de Colegiado 2787

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA COMPRESORES DE TORNILLO QUE USAN AMONIACO PARA REFRIGERACIÓN, del estudiante, Rómulo Emilio Jerez Sazo, recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador de Área

Guatemala, septiembre de 2005.

/behdei.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con el visto bueno del Coordinador del Área Complementaria, al trabajo de graduación **PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA COMPRESORES DE TORNILLO QUE USAN AMONÍACO PARA REFRIGERACIÓN**, del estudiante **Rómulo Emilio Jerez Sazo**, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. José Arturo Estrada Martínez
DIRECTOR



Guatemala, septiembre de 2005

/behdi.

Universidad de San Carlos
De Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato
Tels. 24760579 Exts. 101-102-114
Fax: 24760365

Ref. DTG. 413-2005.

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA COMPRESORES DE TORNILLO QUE USAN AMONÍACO PARA REFRIGERACIÓN**, presentado por el estudiante universitario **Rómulo Emilio Jerez Sazo** procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, septiembre 29 de 2,005



/adech

ACTO QUE DEDICO

A:

Dios Que ha sido mi refugio, mi amparo, mi pronto auxilio y de tus mandamientos he adquirido inteligencia.

Mis padres **Horacio Ramiro Jerez Marroquín**
Marta Lidia Sazo de Jerez
Por el apoyo incondicional y los múltiples sacrificios hechos para que obtuviera este triunfo, que es tanto mío como de ustedes; los quiero mucho.

Mis hermanos **Edy Horacio, Edgar Mesmín.**
Por el apoyo y ayuda brindada en el transcurso de mi carrera. Como ejemplo de lucha para su superación.

Mis sobrinos Por ser una parte muy especial en mi vida y como ejemplo para su futuro.

Mi familia en general

Con respeto y todo mi cariño.

Mis amigos

Por su apoyo y por compartir momentos especiales.

Guadalupe

Por ser una persona muy especial en mi vida; gracias por tu apoyo y paciencia.

**La Universidad
de San Carlos
de Guatemala**

Especialmente a la Facultad de Ingeniería por haberme dado la base científica para poder desarrollar mis conocimientos.

AGRADECIMIENTOS

A:

**La Empresa
Embotelladora
La Mariposa, S.A.**

Por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo. Y al jefe de mantenimiento de taller Ángelo López, y a todos los que trabajan en el cuarto de máquinas; Carlos Girón, Walter Figueroa, Juan Méndez y Otto Florián. Que gracias a sus consejos y enseñanzas, obtuve lo necesario para realizar este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
GLOSARIO	VII
SIMBOLOGÍA	XI
RESUMEN	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
OBJETIVOS	XVII

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1	Antecedentes de Embotelladora La Mariposa, S.A.	1
1.2	Ubicación de la planta	1
1.3	Descripción del departamento de mantenimiento	1
1.4	Organización de la empresa	2
1.5	Antecedentes del mantenimiento	2

2. COMPRESORES DE TORNILLO

2.1	Descripción y operación de los compresores de tornillo	3
2.1.1	Identificación de los compresores de tornillo	18
2.1.2	Descripción de los compresores de tornillo	21
2.1.3	Compresores de tornillo con bomba de aceite	22
2.1.4	Compresores de tornillo sin bomba de aceite	22
2.1.5	Características de los compresores de tornillo	22
2.2	Sistemas del compresor de tornillo	23
2.2.1	Sistema de enfriamiento	23
2.2.1.1	Partes del sistema de enfriamiento	24

2.2.1.2	Localización de averías	24
2.2.2	Sistema de lubricación	24
2.2.2.1	Partes del sistema de lubricación	25
2.2.2.2	Lubricantes	26
2.2.3	Sistema de alimentación de amoníaco	27
2.2.3.1	Tanque receptor y tuberías de alimentación	27
2.2.3.2	Localización de averías y fugas de amoníaco	27
2.2.4	Sistema eléctrico	28
2.2.4.1	Especificaciones del motor eléctrico	29
2.2.4.2	Características del motor eléctrico	30
2.2.4.3	Panel de instrumentos	30
2.2.5	Revisión del acople	31
2.3	Concepto de mantenimiento	32
2.3.1	Mantenimiento preventivo	32
2.3.2	Inspección diaria pre-operación	32
2.3.3	Mantenimiento correctivo	32

3. PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

3.1	Mantenimiento preventivo del compresor de tornillo	33
3.1.1	Cambio de aceite	37
3.1.2	Cambio de filtro de aceite	38
3.1.3	Fichas de control de mantenimiento	40
3.1.4	Fichas de control de inspecciones diarias	41
3.2	Mantenimiento correctivo del compresor de tornillo	42
3.2.1	Cambio del acople	42

4.	SEGURIDAD EN EL MANEJO DE AMONÍACO	
4.1	Recomendaciones en caso de accidente.....	43
4.2	Quemaduras producidas por vapor de amoníaco	44
4.3	Salpicadura de líquido de amoníaco en los ojos	45
4.4	Ingerir agua contaminada con amoníaco	46
4.5	Utensilios para primeros auxilios	46
4.6	Equipos de protección	47
4.7	Efectos fisiológicos en el ser humano	49
4.8	Manejo seguro del amoníaco	50
4.9	Precauciones de seguridad	52
4.10	Precauciones de seguridad para la sala de máquinas	53
4.11	Prevención de explosiones	56
4.12	Protección de la planta con sistemas de amoníaco	60
	CONCLUSIONES	63
	RECOMENDACIONES	65
	BIBLIOGRAFÍA	67
	ANEXOS	69

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figuras

1. Compresor de tornillo sencillo vista frontal.....	3
2. Compresor de tornillo sencillo vista lateral	4
3. Procesos del compresor de tornillo succión	5
4. Procesos del compresor de tornillo compresión	5
5. Procesos del compresor de tornillo descarga	5
6. Control de capacidad	15
7. Control de porcentaje de volumen	15
8. Control de radio de volumen y capacidad	17
9. Vistas del compresor de tornillo VSS	18
10. Vista completa del compresor de tornillo VSS	19
11. Vistas del compresor de tornillo VSR	20
12. Partes internas del compresor de tornillo	21

Tablas

I. Características para compresores de tornillo VSS	19
II. Características para compresores de tornillo VSR	20
III. Características técnicas del aceite	26
IV. La capacidad de aceite	38
V. Intervalos de servicio al compresor de tornillo	40
VI. Toxicidad de los refrigerantes	61
VII. Efectos al respirar amoníaco	61
VIII. Mando de capacidad	74

GLOSARIO

Ácido bórico: Antiséptico que no produce irritación sobre tejidos humanos.

Ácido pícrico: Compuesto utilizado en quemaduras de la piel; ayuda a una recuperación rápida de los tejidos humanos.

Alarm: Alarma; es la primera señal que se muestra en la pantalla del microprocesador, y éste funciona en un rango; cuando un valor de temperatura de aceite, de succión o descarga; presión de aceite, de succión o descarga; o diferencia de presión en el filtro de aceite, excede los parámetros establecidos en el compresor. Y solo es una prevención, para el operador.

Amoníaco: Aunque el **amoníaco** es tóxico, algo inflamable y explosivo bajo ciertas condiciones, sus excelentes propiedades térmicas lo hacen ser un refrigerante ideal para fábricas de hielo, para grandes almacenes de enfriamiento y otros. El **amoníaco** es el refrigerante que tiene más alto efecto refrigerante por unidad de peso.

Amoníaco gaseoso: Es el que se encuentra a temperatura y presión alta y éste es el que ya ha absorbido el calor al jarabe o sea la materia prima que se utiliza en hacer las bebidas gaseosas. Éste es succionado por los compresores para luego comprimir el amoníaco gaseoso y descargarlo a los condensadores, para que luego continúe el ciclo de refrigeración.

Amoníaco líquido: Es el que se encuentra a temperatura y presión bajas y se utiliza para extraerle el calor al jarabe; también, para extraerle la temperatura al compresor.

Calor específico: Cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una unidad de masa de una sustancia en un grado.

Cutout: Disyuntor, disruptor. Aparato que abre y cierra, automáticamente, en un circuito eléctrico.

Fenofaleína: Fenofaleína

Miscible: Término dado a dos o mas sustancias que son solubles entre sí en todas las proporciones.

Naphthenic: Nafténico

- Reset:** Este tiene un rango de funcionamiento, y cuando el compresor se detiene, alarm y trip están en la pantalla del microprocesador. Cuando un valor de temperatura de aceite, de succión o descarga; presión de aceite, de succión o descarga; o diferencia de presión en el filtro de aceite, excede los parámetros establecidos en el compresor, hay que esperar hasta que bajen su valor hasta que se encuentren en el rango que se pueda presionar reset, y con esto se pueda poner en marcha el compresor nuevamente; antes el operador debe verificar cuál fue la causa que provocó el paro en el compresor.
- Set Point:** Es un valor o parámetro establecido de fabrica en el microprocesador.
- Tambor:** Recipiente donde se almacena el refrigerante y es donde se agrega el refrigerante al sistema.
- Trip:** Este tiene un rango y es la segunda señal que se da en la pantalla del microprocesador, cuando un valor de temperatura de aceite, de succión o descarga; presión de aceite, de succión o descarga; o diferencia de presión en el filtro de aceite, excede los parámetros establecidos en el compresor. Esto significa que el compresor está por detenerse y el operador debe tener esto en cuenta.

SIMBOLOGÍA

Amps	Amperios.
°C	grados centígrados.
cm	centímetros.
°F	grados Fahrenheit.
g	gravedad. 9.81 m/seg^2
hp	caballos de fuerza.
kPa	kilo pascales.
kV	kilovoltios.
Lb	libras.
mm	milímetros.
psi	libras por pulgada al cuadrado.
psig	libras por pulgada al cuadrado absoluta.
rpm	revoluciones por minuto.

RESUMEN

El compresor de tornillo Vilter sencillo es un compresor rotativo de desplazamiento positivo, un tornillo principal cilíndrico típicamente con seis ranuras helicoidales y dos rotores de entrada planos (estrellas laterales), cada uno con 11 dientes. Los ejes giratorios de los rotores de entrada son paralelos cada uno con el otro y mutuamente perpendicular al eje del tornillo principal. Todas las conexiones son alimentadas con presión de aceite.

La compresión del gas se realiza por el engrane de los dos rotores de entrada con las ranuras helicoidales del tornillo principal. Cuando el rotor principal gira, éste, a su vez, acciona las estrellas laterales, el engranaje de la estrella lateral con una de las ranuras del rotor principal atrapa el gas de la succión y así comienza el proceso de compresión, mientras el rotor principal gira, el engranaje de la estrella lateral continúa reduciendo el volumen inicial de la ranura y aumentando su presión en la ranura, esto ocurre simultáneamente en los lados opuestos del rotor principal. Luego se inyecta aceite en la ranura; el aceite entra en el compresor a través de una conexión, a la cima del compresor. El propósito del aceite inyectado es absorber el calor de compresión, sellar el diente de rotor de entrada en la ranura, y para lubricar las partes en movimiento.

Un sello del tipo de laberinto se usa para impedir al gas a presión de la descarga escaparse más allá del extremo del tornillo. Cualquier escape de gas de descarga más allá del sello del laberinto se da salida atrás a la succión, vía cuatro agujeros longitudinales taladrados a través del cuerpo del tornillo.

Finalmente, mientras el rotor principal sigue rotando hacia el final del ciclo de compresión, la ranura se alinea al puerto de la carcasa en el lado de la descarga, el gas y cualquier líquido que se encuentre en la ranura son descargados radialmente, a través del puerto, hacia la cámara de descarga; como hay seis ranuras en el rotor principal, el proceso de compresión ocurre simultáneamente seis veces en dos sitios por cada revolución del rotor. Una operación a 3,600 RPM resulta en 21,600 golpes de compresión simultáneos en las ranuras superiores e inferiores por minuto y un flujo relativamente parejo del gas comprimido. Dando salida al fin de la descarga del tornillo principal regresa a la succión, las fuerzas en cada extremo del tornillo son iguales. Esto produce cero valor neto en las fuerzas axiales en los cojinetes principales. Con las estrellas dobles contrarios en la entrada, todas las fuerzas radiales también están canceladas. Los cojinetes del eje principal no tienen fuerza neta excepto el peso del tornillo y el montaje de los ejes.

Se da a conocer una guía de las normas de Seguridad que se deben conocer en el manejo del **amoníaco (NH₃)**; uno de los refrigerantes más utilizados en refrigeración. En ella se explica qué se debe hacer en caso de un accidente, el equipo de protección que se debe utilizar en caso de fuga de amoníaco y algunas medidas de seguridad que se deben seguir en el uso del mismo. También se debe tener un plan de emergencia a seguir en caso de un accidente.

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento de compresores de tornillo que usan Amoníaco dentro de la empresa Embotelladora La Mariposa, S.A. es muy importante, ya que el buen funcionamiento del mismo permite que el ciclo de refrigeración, se lleve a cabo con una buena eficiencia.

Se encontró dentro de la empresa un mantenimiento apegado a los manuales un poco antiguos del fabricante, y lo realizan el personal a cargo del mantenimiento.

El presente trabajo, trata de proporcionar una guía de mantenimiento más técnico y actualizado; adecuado a las necesidades de la empresa. Y la necesidad de capacitar al personal encargado de hacer el mantenimiento; así como de las medidas de seguridad que se debe tener en el manejo del amoníaco.

OBJETIVOS

General:

Realizar una guía de mantenimiento para compresores de tornillo que utilizan amoníaco para refrigeración.

Específicos:

1. Describir la situación actual del departamento de mantenimiento en una empresa de bebidas embotelladas.
2. Describir el funcionamiento de los compresores de tornillo.
3. Describir el concepto de mantenimiento preventivo y correctivo.
4. Determinar el control de mantenimiento en compresores de tornillo que utilizan amoníaco.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1 Antecedentes de la empresa Embotelladora La Mariposa, S.A.

Es una empresa que se dedica a producir, envasar y distribuir bebidas carbonatadas, tales como: PEPSI y los sabores de La Mariposa; en sus presentaciones de mega doble, doble litro, un litro y botella. Actualmente operan en Guatemala más de treinta empresas en las que participan empresarios visionarios que producen y distribuyen PEPSI, Mirinda, Seven up y los productos de La Mariposa, garantizando el liderazgo de estas importantes marcas a través de un esfuerzo y del trabajo en equipo.

1.2 Ubicación de la planta

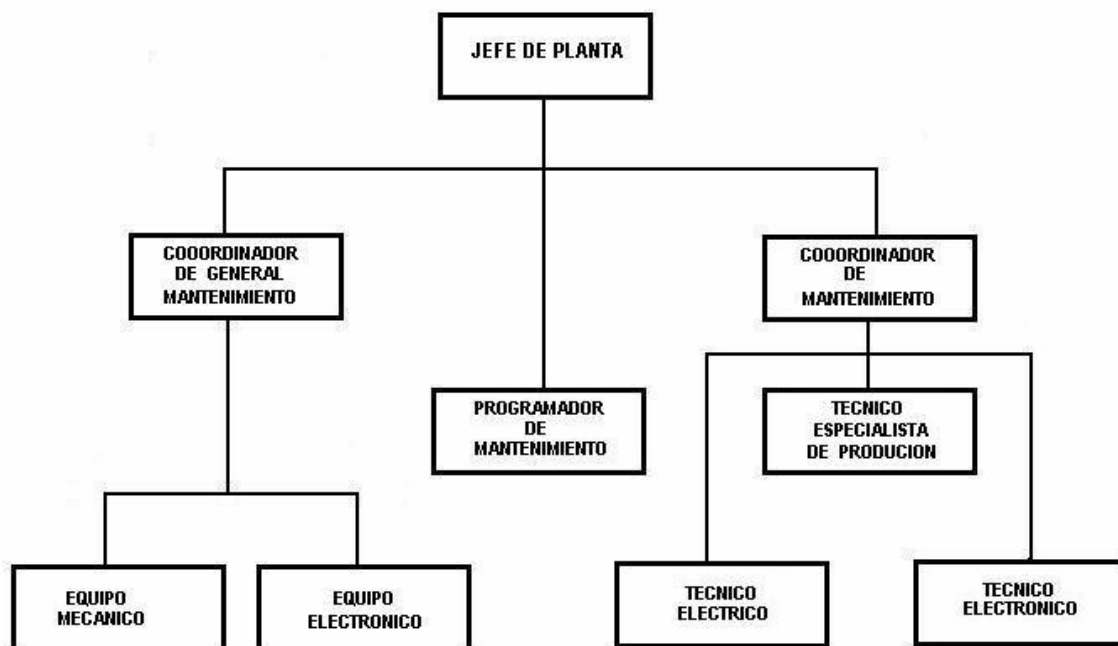
La Planta se encuentra aproximadamente en una manzana de terreno, también se encuentra el edificio administrativo y la bodega de abastecimiento. La dirección es 44 calle 2-00 zona 12 colonia Monte Maria 1.

1.3 Descripción del departamento de mantenimiento

El departamento de mantenimiento se divide en dos grupos: el coordinador general de mantenimiento; el cual vela por el buen desempeño de todas las máquinas que operan en las líneas de producción de las bebidas carbonatadas, del tratamiento de agua para la caldera, del tratamiento de agua potable para la producción, y coordina con él coordinador de mantenimiento, para velar por el buen funcionamiento de la caldera de vapor, del tanque y tuberías de búnker, de los compresores de aire, de los compresores de tornillo y reciprocantes.

Así como del banco de hielo, de los condensadores, del manifold principal de refrigerante amoníaco, de la trampa de liquido, del tanque de doble propósito y de las tuberías, de los chillers y de los alfa labal de las líneas de producción, de la sala de jarabes, de las pipas de dióxido de carbono, y de la planta eléctrica de emergencia.

1.4 Organización de la empresa



1.5 Antecedentes del mantenimiento

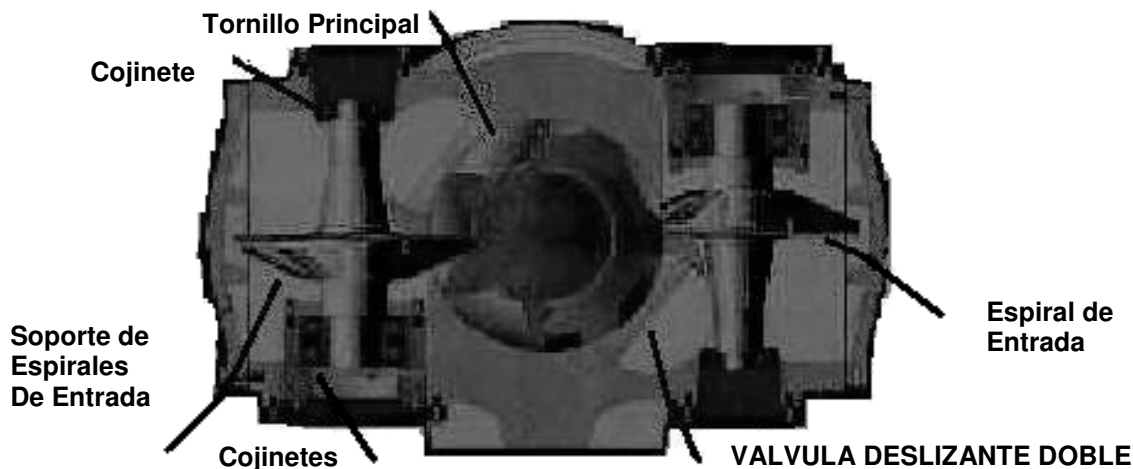
En la empresa Embotelladora La Mariposa, S.A. se da un mantenimiento basado a los manuales un poco antiguos del fabricante, y lo realiza el personal a cargo del mantenimiento y operación de la caldera y de los compresores de tornillo y reciprocantes que usan amoníaco para refrigeración.

2 Compresor de Tornillo Sencillo

2.1 Descripción y operación de los compresores de tornillo

El compresor Vilter del tipo tornillo sencillo es un compresor rotativo de desplazamiento positivo que incorpora un rotor principal cilíndrico con seis ranuras helicoidales y dos estrellas laterales planas cada una con 11 dientes. La compresión del gas se lleva a cabo por medio de las dos estrellas laterales con las ranuras helicoidales en el rotor principal. El eje de acople imparte el movimiento giratorio al rotor principal, el cual, a su vez, acciona las estrellas laterales engranadas. El compresor consta de tres componentes fundamentales que rotan y completan el trabajo del proceso de compresión. Los ejes rotatorios de las estrellas laterales están paralelos unos a otros y mutuamente perpendiculares al eje del rotor principal ver figuras 1 y 2.

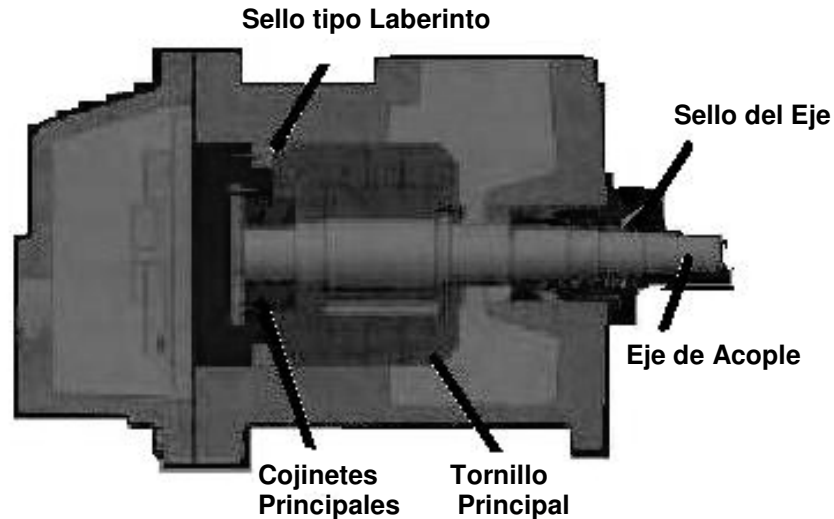
Figura 1. Compresor de tornillo sencillo vista frontal.



El Compresor de Tornillo Sencillo Vilter normal (como el mostrado en esta vista del extremo que se dibuja) consiste en un ensamble de dos estrellas laterales y un rotor principal cilíndrico. Todas las conexiones son alimentadas con presión de aceite.

Fuente: Manual de Vilter, VSS. cit., P.1

Figura 2. Compresor de tornillo sencillo vista lateral.



Esta vista del lado en que el dibujo cruz-seccional del Tornillo Sencillo Vilter inundado de aceite el ilustra los puestos de succión y descarga como también los sellos y el eje conductor.

Fuente: Manual de Vilter, VSS. cit., P.1

El ciclo de compresión comienza después de que el gas de succión llena las ranuras superiores e inferiores del rotor principal en el lado de la succión, como el compresor tiene dos estrellas laterales, el proceso de compresión ocurre simultáneamente en los lados opuestos del rotor, en la parte superior e inferior. Cuando el rotor principal gira, éste, a su vez, acciona las estrellas laterales, el engranaje de la estrella lateral con una de las ranuras del rotor principal atrapa el gas de la succión y así comienza el proceso de compresión, mientras el rotor principal gira, el engranaje de la estrella lateral continúa reduciendo el volumen inicial de la ranura y aumentando su presión en la ranura. Esto ocurre simultáneamente en los lados opuestos del rotor principal.

Finalmente, mientras el rotor principal sigue rotando hacia el final del ciclo de compresión, la ranura se alinea al puerto de la carcasa en el lado de la descarga, el gas y cualquier líquido que se encuentre en la ranura son descargados radialmente a través del puerto, hacia la cámara de descarga.

Como hay seis ranuras en el rotor principal, el proceso de compresión ocurre simultáneamente seis veces en dos sitios por cada revolución del rotor. Una operación a 3,600 RPM resulta en 21,600 golpes de compresión simultáneos en las ranuras superiores e inferiores por minuto y un flujo relativamente parejo del gas comprimido, ver figuras 3, 4 y 5.

Procesos del compresor de tornillo.

Figura 3. Succión

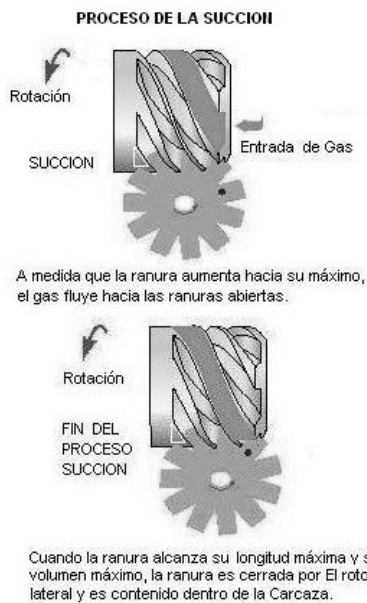


Figura 4. Compresión

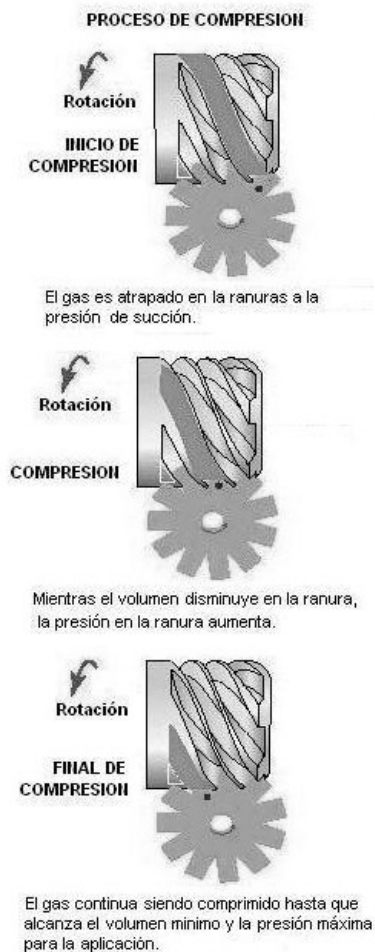
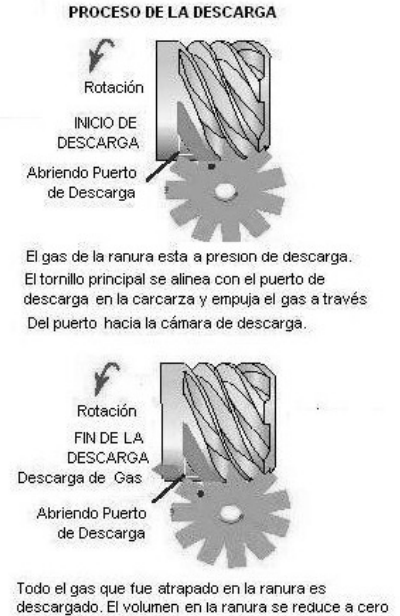


Figura 5. Descarga



Fuente: Manual de Vilter, VSS. cit., P. 4.

Componentes del compresor de tornillo

Visualizar cómo funciona un compresor de tornillo con rotor doble es un poco más difícil que en un compresor reciprocante. El rotor helicoidal estriado y configurado inusualmente con puertos de entrada y salida, complica el cuadro. A pesar de su complejidad aparente, el compresor de tornillo tiene relativamente pocas partes móviles: dos rotores, rodamientos y una válvula de deslizamiento. La simplicidad es uno de los puntos más fuertes de venta en el compresor de tornillo.

El corazón del compresor de tornillo es el rotor. Un rotor tiene lóbulos helicoidales y éste es conocido como el macho. El otro rotor tiene astillas que hacen juego, y es conocido como la hembra.

Se ha probado que este modelo proporciona buena eficiencia y es fácil de operar. El diseño asimétrico minimiza las fugas a lo largo de la red del rotor, y proporciona un pequeño agujero de soplado. Este es el área de fuga entre los terminales del casquete y la red del rotor. El rotor macho absorbe aproximadamente 85 por ciento del torque en operación y el rotor hembra, aproximadamente el 15 por ciento. Por esta razón, en los compresores con inundación de aceite, el rotor macho conduce directamente la hembra, así como un engranaje conduce al otro. Por esta razón, solamente el 15 por ciento de la fuerza de movimiento es transmitida por medio de la red del rotor. Existe la simple acción de rodaje entre los rotores ya que ellos son conducidos en la línea de lanzamiento. Por lo tanto, cuando son fabricados de una forma apropiada, no existe el contacto de deslizamiento entre los rotores, y esto minimiza su desgaste.

A fin de llevar cargas generadas por presiones de gas, se deberán usar tanto los rodamientos radiales con los de empuje. En un compresor de rotor doble, las cargas del rodamiento son bastante altas y como resultado, el motivo predominante de las fallas del rotor son los rodamientos.

En la mayoría de los compresores de tornillo, las cargas radiales son realizadas por rodamientos de manga. Los rodamientos de manga tienen algunas desventajas. Una de ellas es que requieren de un carter elaborado a un alto grado de precisión (el cual es más caro que los rodamientos a prueba de fricción), ya que los rodamientos de manga no toleran ningún tipo de desalineamiento.

Segundo, los rodamientos de manga consumen caballos de fuerza debido a la absorción de viscosidad del aceite. Por el lado positivo, la historia de confiabilidad que existe en los rodamientos de manga es excelente.

Mientras se mantenga una buena presión de aceite, y el sistema esté limpio, los rodamientos de manga operarán virtualmente para siempre. El diseño más común en los rodamientos de empuje es un rodamiento con doble bolas angulares de contacto. Los rodamientos de empuje son la unión más débil en el compresor de tornillo doble, y la causa más común para fallas en el compresor. La carga de empuje es básicamente causada por medio de la diferencia de presión entre la descarga y la succión, actuando en contra de las áreas proyectadas en las cubiertas del rotor.

La carga de succión en el rotor macho es más alta que la del rotor hembra, debido a las fuerzas de gas en la red del rotor. Por ejemplo, la carga de empuje en un rotor de 255mm en un compresor operado por amoníaco y a condición típica es de 4,450 lb.

Por esta razón, un pistón de balance es usado en la base del rotor macho para ayudar a balancear el empuje de carga. Para que sea efectivo, el pistón de balance depende en la presión de aceite detrás de él. Por lo tanto, la vida del rodamiento de empuje macho es muy sensible a la presión del pistón de balance. Aún en un sistema que esté mantenido propiamente, los rodamientos de empuje generalmente serán las primeras partes que se gastarán, y en algunos casos, se deberán considerar como partes de mantenimiento continuo.

En el método de conducción integral se incorpora un juego de instrumentos dentro de diseño del compresor, el cual proporciona un aumento de velocidad para alcanzar una más económica en la punta del rotor.

El costo adicional y la complejidad de un juego de instrumento son justificados por las siguientes ventajas:

- Permite nivel de capacidades para ser operadas por un tamaño de rotor de un compresor de tornillo sencillo.
- Permite a un compresor físicamente más pequeño el producir la misma capacidad que un rotor más largo, y por lo tanto con un costo más alto.
- Permite una mayor flexibilidad en el tamaño de las maquinarias. Una capacidad fuera de lo usual requiere solamente un cambio de instrumento.
- Minimiza el inventario de partes y herramientas.

En el método que el rotor hembra conduzca al macho, proporciona un 50 por ciento de aumento en la velocidad de la punta del rotor macho comparado con el conducido por el rotor macho. Esto se debe a que el radio de velocidad macho-hembra es de 1.5 inherente. No obstante, ya que el rotor macho absorbe el 85 por ciento de la fuerza alimentada, toda ésta deberá ser transmitida por medio de la red del rotor. Esto requiere endurecimiento de los rotores a lo largo de la línea de empuje a fin de poder soportar las fuerzas adicionales de conducción. Un riesgo mayor para el desgaste del motor o de daños permanentes es incurrir en el uso de este sistema de conducción.

A pesar de la pequeña cantidad de partes móviles en el compresor de tornillo doble y su aparente simplicidad, no se pueden ignorar algunas de las ventajas de los compresores reciprocantes.

El compresor de tornillo corre a velocidades tres veces mayores que el compresor reciprocante, y con mayores cargas en los rodamientos, lo cual afecta adversamente la vida del compresor. El compresor reciprocante es también más eficiente en operaciones parciales. Tanto las ventajas y desventajas de los compresores reciprocantes como los de tornillo le asegura a cada uno de ellos un lugar en el mercado.

Carga balanceada

Una ventaja del compresor de tornillo sencillo es que no existen fuerzas netas radiales o axiales ejercidas en el rotor principal o en los componentes del eje de acople por trabajo de compresión, como el proceso de compresión ocurre simétricamente y simultáneamente en lados opuestos del rotor, las fuerzas causadas por la compresión se cancelan. Las únicas cargas verticales ejercidas en los cojinetes del rotor principal son causadas por la gravedad.

Debido a las características constructivas del sello de laberinto que tiene este compresor, el rotor principal solamente estará expuesto a la presión de succión, la cual es ejercida en ambos lados del tornillo y da como resultado cargas axiales balanceadas.

El compresor de tornillo sencillo tiene una ventaja de diseño inherente que es la de cargas reducidas durante el proceso de compresión, esto se debe a que el área del diente de la estrella lateral disminuye a medida que la presión del gas en la ranura se acerca a la presión de descarga; cuando la estrella lateral se engrana por primera vez con el rotor principal, el proceso de compresión comienza. A medida que la rotación continua, el área del diente de la estrella lateral que está en contacto con el gas aumenta. La fuerza resultante crea las cargas axiales que son transmitidas a las estrellas laterales.

Aproximadamente en la mitad del golpe o cuando el eje radial de un diente de la estrella lateral está en posición perpendicular al eje del rotor principal, el área máxima de este diente está expuesta al gas que está siendo comprimido.

Mientras el ciclo de compresión continúa, la presión dentro de la ranura aumenta pero el área del diente de la estrella lateral que está en contacto con el gas dentro de la ranura continúa disminuyendo.

Las cargas disminuidas transmitidas a los componentes y a los rodamientos dan como resultado una mayor seguridad. Al final del golpe, el área del diente de la estrella lateral ha sido reducida a cero y al mismo tiempo este diente se desengrana del rotor principal.

Otra característica del diseño del compresor del tipo tornillo sencillo que aumenta su confiabilidad es que las cargas en el ensamble de las estrellas laterales están bien definidas y aisladas del rotor principal. Como los ensambles de las estrellas laterales son independientes y no interfieren con el resto del cuerpo del rotor principal, los rodamientos pueden ser dimensionados para una seguridad máxima.

Sellamiento

El sello de la compresión se logra por medio de una combinación de precisión de las aberturas existentes entre la estrella lateral y el cuerpo del rotor principal. Esta abertura es sellada por medio del aceite lubricante que se inyecta en esta zona del compresor, y debe además tener la viscosidad adecuada para lubricación de los rodamientos del compresor. El aceite es arrastrado dentro de la ranura durante el proceso de succión y además es inyectado en el rotor durante el proceso de compresión para maximizar el sellado.

Debido a la rotación del tornillo, la fuerza centrífuga impulsa el aceite inyectado hacia el volumen circunferencial del espacio entre el tornillo y la carcasa. Esto minimiza la fuga que se conoce como cascada. Una cascada se define como la fuga que existe desde la ranura de alta presión pasando la zona que separa las ranuras hacia la de baja presión que la sigue.

Otro atributo inherente al diseño del compresor de tornillo sencillo es que la ranura tiene un área mayor hacia su descarga que en el centro de ésta. Este atributo también minimiza la fuga del gas desde las áreas donde el gas está a mayor presión hacia las ranuras donde esté esta a menor presión.

Otra área donde la fuga es minimizada es entre el lado de alta presión de la ranura hacia la parte posterior del rotor principal, la cual está a la presión de succión. Este posible punto de fuga es sellado por medio de un sello hidrodinámico de no contacto que se conoce por el nombre de sello de viscosidad o por la fuerza opuesta por el gas que se está siendo comprimido o por un sello de laberinto.

Sistema de sello del acople

Un sistema de sello del acople previene que ningún gas de proceso se escape hacia el medio ambiente alrededor del eje de acople del rotor principal. El compresor de tornillo inundado en aceite tiene dos tipos de sellos: el sello tipo estándar de una sola cara o el sello de tipo triple cara con capacidad de purga según los requerimientos del proceso. La parte de carbón estacionaria del sello está sobre una película (o capa) hidrodinámica de aceite en el anillo rotativo que está fijo en el acople el triple sello opcional permite varias opciones incluyendo que una purga y una descarga sean conectadas a la carcasa, por lo cual le estaría añadiendo una seguridad secundaria durante la operación. La incorporación de este sello se muestra en la figura del corte transversal del lado de gas inundado en aceite.

Diseño

Cada ensamble rotativo dentro del lado de gas tiene dos juegos de rodamientos, un compresor típico de tornillo sencillo inundado en aceite consiste en dos estrellas laterales y un rotor principal, cada uno con un par de rodamientos de contacto angular para mantener la posición axial del ensamblaje, y un cojinete de rodillos para soportar el lado opuesto.

Todos los rodamientos son alimentados con aceite por presión; el aceite, cuando se drena de los rodamientos, es conducido hacia la succión del rotor principal y es descargado junto con el gas y el aceite inyectado. Como el rotor principal no tiene cargas excepto por la gravedad, los rodamientos se consideran sobre diseñados debido a que son determinados por el diámetro requerido por el eje de acople para los caballos de fuerza aplicados. El diseño del tornillo sencillo no limita los tamaños de los rodamientos para los soportes de las estrellas laterales. Como resultado, los rodamientos se optimizan para una confiabilidad máxima.

El diseño de válvulas deslizantes duales del compresor de tornillo sencillo Vilter ofrece el nivel más alto de flexibilidad y una óptima operación en este tipo de compresores, este diseño en realidad tiene dos válvulas deslizantes por el lado de compresión en el lado de gas. Las dos válvulas deslizantes son conocidas comúnmente como válvula deslizante de capacidad y válvula deslizante de volumen. La válvula deslizante de capacidad se mueve entre dos posiciones de 20 por ciento a 100 por ciento de flujo para permitir que el compresor iguale los requerimientos de flujo de sistema mientras que índices de flujo más bajos son posibles, no son recomendados debido a que esto reduce la cantidad de aceite que esta fluyendo, lo cual puede resultar en sobrecalentamiento. La válvula deslizante de volumen permite que el puerto de descarga se sitúe en una oposición óptima según de la posición de la válvula deslizante de capacidad y las propiedades del gas.

Una característica única de este diseño dual de válvulas deslizantes es que permite al compresor arrancar completamente descargado. En esto se diferencia de cualquier otro compresor de tornillo. Cuando ambas válvulas deslizantes están en la posición abierta, se crea un paso sin restricción de flujo a través del compresor.

Si por cualquier razón el lado del gas está completamente lleno de aceite, la posición de las válvulas deslizantes al momento del arranque permitirá que éste sea arrastrado hacia la descarga previniendo la posibilidad de una traba hidráulica. Las válvulas deslizantes también permiten la operación a radios extremadamente bajos, hasta 1.2. Sin embargo, los puntos de operación recomendados para una eficiencia óptima de diseño ocurren a radios de presión de 2.0 ó mayores. Debido a su diseño los compresores de tornillo sencillos pueden operar más eficientemente y seguros, con presiones de succión más altas y radios mayores.

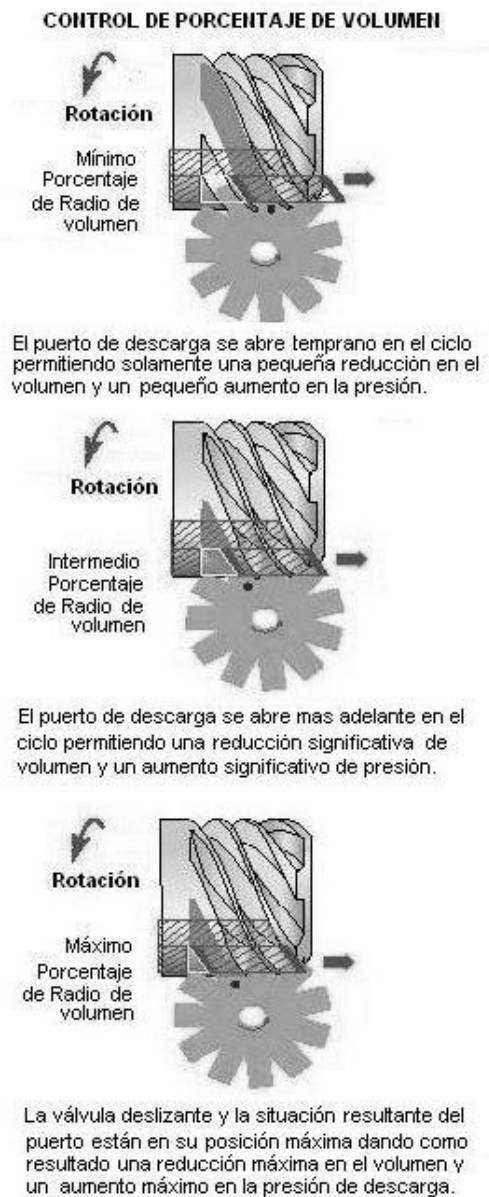
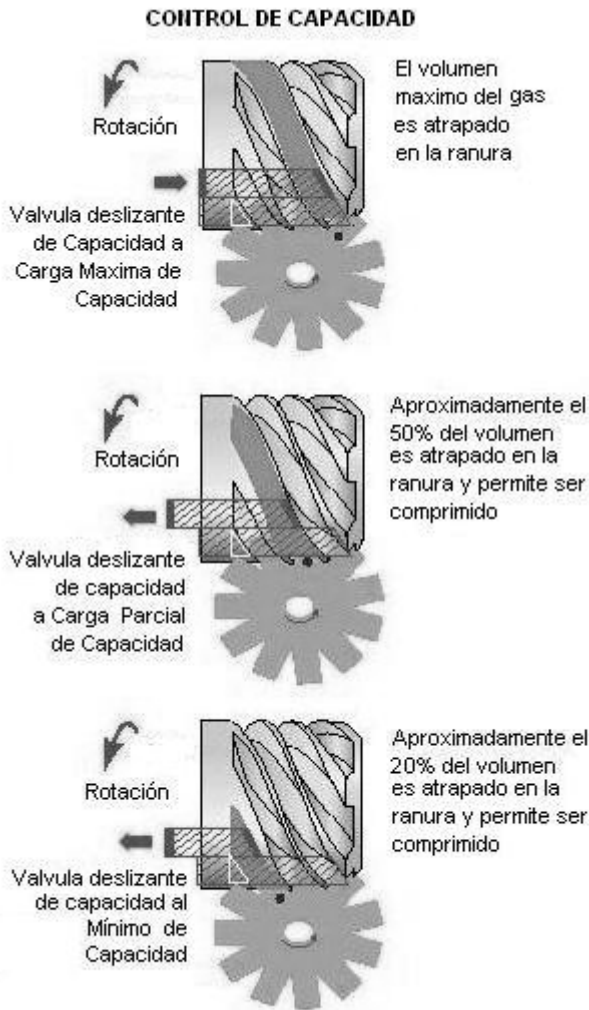
Como las válvulas de capacidad y de volumen operan paralelamente, (no en serie como otros tipos de compresores de tornillo), una característica importante del compresor de tornillo sencillo es la habilidad de operar con eficiencia óptima a cargas parciales, otros tipos de compresores de tornillo tienen válvulas duales deslizantes que operan en series. Esto da como resultado que una de las válvulas deslizantes bloquee parte del puerto detrás de la otra válvula, lo cual crea una restricción y una penalidad de desempeño a cargas parciales.

Radio de volumen variable

Hace poco tiempo el compresor de tornillo ha tenido las desventajas de un radio de volumen pre-establecido. No era que no existiera una mejor solución; las ideas de un radio de volumen variable han estado presentes por algún tiempo. No ha sido sino hasta recientemente que los costos extra para dicha característica fueron recuperados en costos de operación. La causa de este cambio de ideas, por supuesto, es el gran costo de energía, ver figura 6 y figura 7.

Figura 6. Control de capacidad

Figura 7. Control de porcentaje de volumen.



Fuente: Manual de Vilter, VSS. cit., P. 4.

Antes de entrar en explicaciones de radios de volumen variable, se examinará la instalación de la válvula convencional deslizante de descarga en un compresor de tornillo sencillo.

Los principios de operación para los dos tipos de compresores son los mismos, no obstante, el compresor de tornillo sencillo tiene dos válvulas deslizantes, una para cada lado de la máquina. En ambos casos, las válvulas deslizantes están localizadas en el carter, formando una porción del rotor o barreno del tornillo. La descarga se realiza al mover la válvula deslizante hacia el lado de descarga de la máquina, la cual abre el puerto de descarga en el lado de succión. Esto permite que una porción de gas que está siendo comprimido sea, sobrepasado de nuevo a la succión, por lo tanto, esto reduce la capacidad. El grado de reducción de capacidad está en función de hasta qué punto se abre el puerto de descarga. Además, el sobrepasar el vapor de regreso a la succión, moviendo la válvula deslizante realiza diferentes acciones.

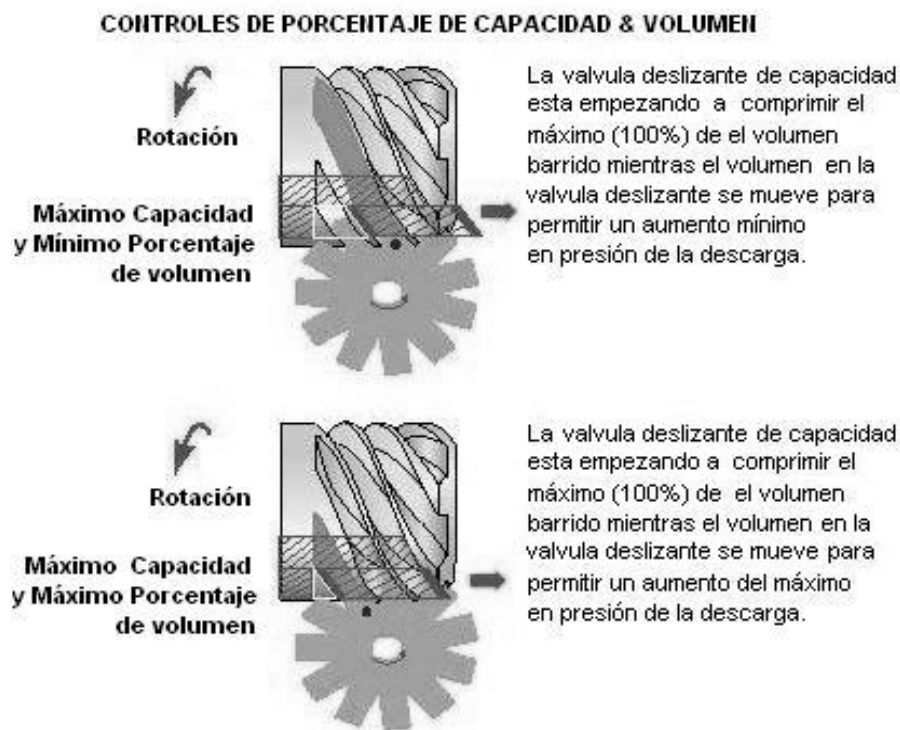
a) Cambios del punto donde el proceso de compresión empieza. El volumen de succión es reducido debido a que a lo largo del tornillo llenado con gas es corto la compresión no comienza hasta que el rotor (o tornillo) rota pasando el área de succión de la válvula deslizante y el puerto de descarga.

b) Los cambios de punto en que el proceso de descarga comienza. Esto es evidente por el simple hecho que la válvula deslizante forma una porción del puerto de descarga.

El proceso de descarga, como está descrito arriba, es efectivo sólo parcialmente al mantener el radio de volumen. En cierto punto en el ciclo de descarga, el puerto de descarga movable desaparece, se mueve hasta el final del rotor (o tornillo). Ya que la descarga radial no existe más, el gas deberá salir axialmente por medio de un puerto fijo. En un compresor de tornillo sencillo, el puerto fijo está localizado debajo de la válvula deslizante. Durante el ciclo de descarga, tan pronto como el puerto de descarga movable pasa el puerto fijo, el radio de volumen establecido comienza a decaer.

El resultado neto es operación ineficiente en cargas parciales. Dependiendo del diseño de la válvula deslizante, el radio de volumen empieza a decaer a 50 por ciento de capacidad en una máquina de 2.6 vi, 70 por ciento en una máquina de 3.6 vi, e inmediatamente (100 por ciento) en una máquina de 5.0 vi. Se puede ver de esta manera que el control del radio de volumen en cargas parciales resultará en una significativa mejora de eficiencia en operaciones a cargas parciales. Ver figura 8.

Figura 8. Control de radio de volumen y capacidad.



Fuente: Manual de Vilter, VSS. cit., P. 4.

2.1.1 Identificación de los compresores de tornillo

Los compresores de tornillo que hay en funcionamiento en la empresa son 3 y otro que están conectando al sistema.

Ejemplo

Vilter Single Screw Compressor
compressor test

Serial No. 2995

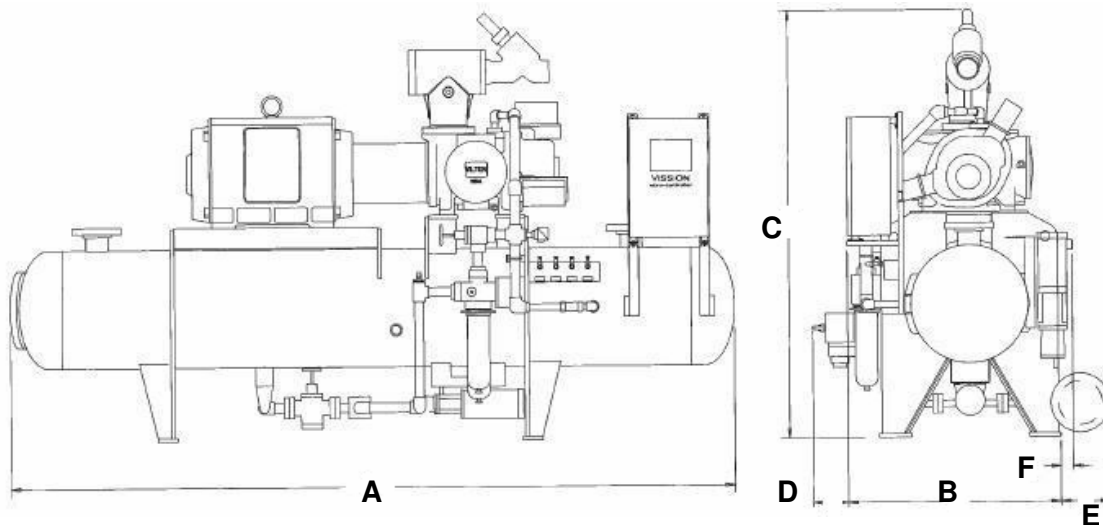
Orden No. K62700

Pressure (psig) 450

Compressor Modelo No. **VSS – 901** A025228APAAAN

Los compresores existentes tiene un número de serie el cual es **VSS-751 (1), VSS-901 (1)**; recién conectado con 353 hr. De operación, **VSR-301 (2)**. Este número se busca en la tabla I y II para ver sus aspectos técnicos. Esta tabla se usa buscando el número anteriormente dado en el listado. A continuación se ilustran los compresores de tornillo, ver figuras 9, 10 y 11.

Figura 9. Vistas del compresores de tornillo VSS



Fuente. manual de Vilter

Figura 10. Vista completa del compresores de tornillo VSS

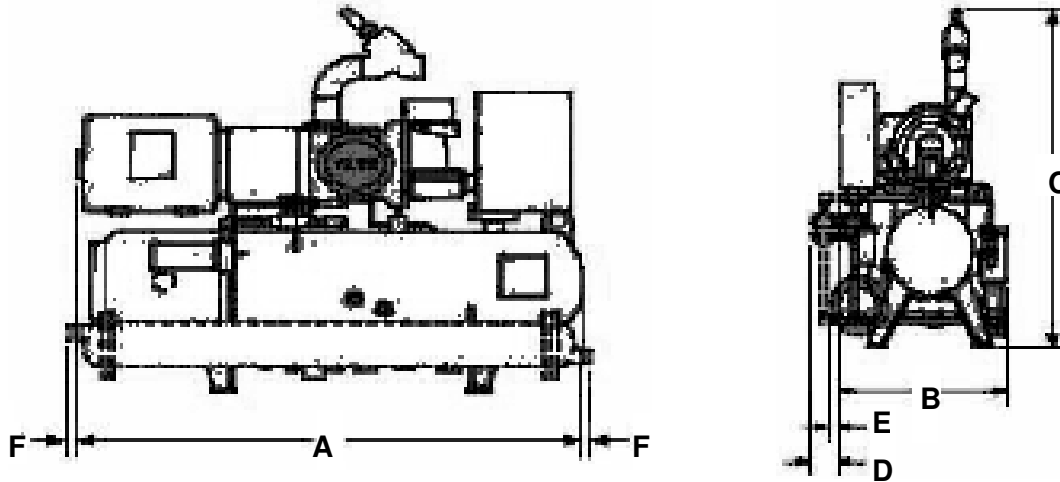


Fuente. manual de Vilter

Tabla I. Características para compresores de tornillo VSS

Compresor	Sencillo	Valores Base				Tamaño de conexiones std.		Unidades Dimensiones (Aproximadas)						Embar que
		CFM	Amoníaco		R-22		Suc ción	Des carga	A	B	C	D	E	
Vilter	(@)									Largo	Ancho	Altura	Opt. Doble	V-PLUS
Modelo Número	3550 RPM	Tons	BHP	Tons	BHP						Filtro de aceite	enfriami ento	enfriador de aceite	Peso (Lbs.)
VSS-451		182	199	172	197									
VSS-451E	476	200	211	187	203	4"	3"	11' 6"	3' 8"	7' 4"	6"	1 1/2"	19"	4000
VSS-601		215	228	202	226									
VSS-601E	560	235	241	220	232	4"	4"	12' 9"	4'	7' 4"	6"	1"	19"	4500
VSS-751		303	331	285	327									
VSS-751E	778	331	350	310	337	5"	4"	12' 9"	4'	8'	6"	1"	19"	5300
VSS-901		342	363	322	360									
VSS-901E	880	375	384	351	370	5"	4"	12' 9"	4'	8'	6"	1"	19"	5300
VSS-1051		422	462	398	457									
VSS-1051E	1070	462	488	433	470	5"	5"	14'	4' 9"	8' 8"	6"	0"	19"	6600
VSS-1201		471	500	444	495									
VSS-1201E	1193	516	528	483	509	6"	5"	14'	4' 9"	8' 10"	6"	0"	19"	6700
VSS-1501		591	646	556	639									
VSS-1501E	1467	647	683	605	658	8"	6"	14' 4"	5' 2"	10' 3"	6"	0"	19"	10500
VSS-1801		691	734	651	726									
VSS-1801E	1717	757	776	708	747	8"	6"	14' 4"	5' 2"	10' 3"	6"	0"	19"	10500

Figura 11. Vistas del compresores de tornillo VSR



Fuente. manual de Vilter

Tabla II. Características para compresores de tornillo VSR

Compresor Sencillo Vilter Modelo Número	CFM	Valores Base				Tamaño de conexiones Std.		Unidades Dimensiones (Aproximado)						Embarque Aprox. Peso (Lbs.)
		Amoníaco		R-22		Suc ción	Des carga	A Largo	B Ancho	C Altura	D Opt. Doble Filtro de aceite	Opcional enfriador de aceite		
		Tons	BHP	Tons	BHP							E	F	
VSR-111		45	51	42	51									
VSR-111E	119	49	54	46	52	3"	3"	7' 0"	3' 2"	6' 0"	5"	1"	2 1/2"	3400
VSR-151		53	58	50	58									
VSR-151E	140	58	61	54	59	3"	3"	7' 0"	3' 2"	6' 0"	5"	2"	2 1/2"	3400
VSR-221		89	102	84	101									
VSR-221E	238	98	107	92	104	4"	3"	7' 2"	3' 5"	6' 5"	5"	3"	1 1/2"	3700
VSR-301		105	116	99	115									
VSR-301E	280	115	123	108	118	4"	3"	7' 2"	3' 5"	6' 5"	5"	3"	1 1/2"	3700

(a) Tonelaje y CFM basados en 20 °F y 95 °F; líquido enfriado a 10 °F. Tasando para el refrigerante están disponibles - Consulte oficina matriz.

(b) Dimensiones mostradas son aproximadas y no deben usarse para la construcción.

(c) la Suma al paquete del compresor.

(d) Con motor normal y la inyección de aceite fresco de líquido. Las unidades con enfriador externo pesan aproximadamente 500 libra más.

Modelos "E", son modelos con Econ-o-Mizer®

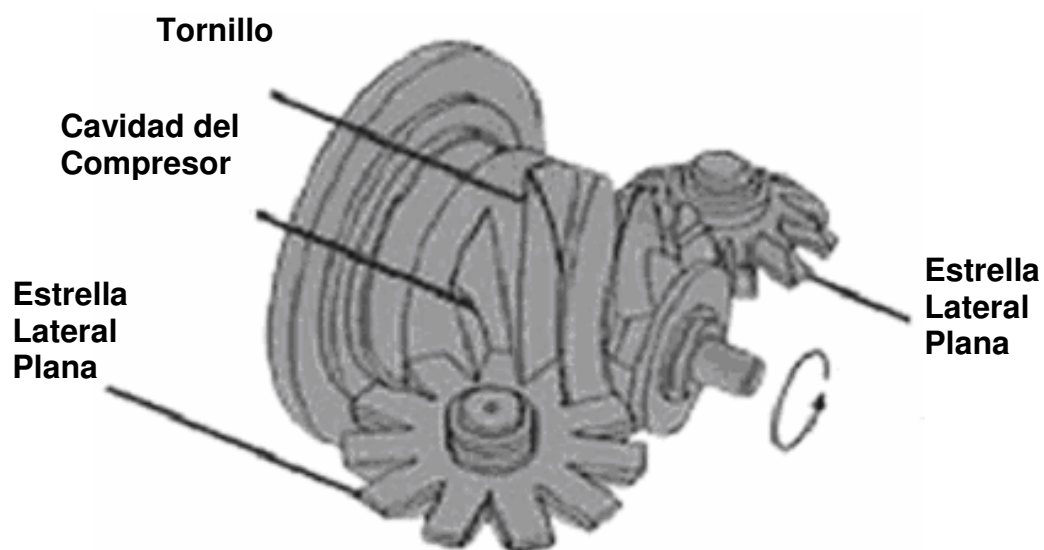
* Estos modelos operan a 1775 RPM y los otros a 3550 RPM

2.1.2 Descripción de los compresores de tornillo

El compresor del tipo tornillo sencillo es un compresor rotativo de desplazamiento positivo que incorpora un rotor principal y dos estrellas laterales. La compresión del gas se lleva a cabo por medio de las dos estrellas laterales con las ranuras helicoidales en el rotor principal. El eje de acople imparte el movimiento rotatorio al rotor principal, el cual, a su vez, acciona las estrellas laterales engranadas.

El compresor consta de tres componentes fundamentales que rotan y completan el trabajo del proceso de compresión. Esto incluye típicamente un rotor principal cilíndrico con seis ranuras helicoidales y dos estrellas laterales planas cada una con 11 dientes. Los ejes rotatorios de las estrellas laterales están paralelos unos a otros y mutuamente perpendiculares al eje del rotor principal. Ver figura 12.

Figura 12. Partes internas del compresor de tornillo



Fuente manual de Vilter

2.1.3 Compresores de tornillo con bomba de aceite

Estos compresores utilizan una bomba de aceite, que funciona cuando la temperatura del compresor alcanza la temperatura de operación y estos compresores son del modelo:

VSR-111	VSR-151	VSR-221	VSR-301	VSS-451	VSS-601
VSS-751	VSS-901	VSS-1051	VSS-1201	VSS-1501	VSS-1801

2.1.4 Compresores de tornillo sin bomba de aceite

El equipo de compresión en frío, "Cool Compresión ®" , de Vilter, elimina el sistema de enfriamiento de aceite exterior y la bomba de aceite. También hace innecesario el sistema de separación de aceite tradicional y basándose en los principios físicos que regulan la interacción del aceite con el amoníaco; no precisa de elementos separadores coalescente que hay que reponer periódicamente. El tamaño del separador de aceite se reduce, con lo cual también es menor el tamaño de la sala de máquinas requerida. Igualmente el sistema de filtrado de aceite ha eliminado los cartuchos recargables.

2.1.5 Características de los compresores de tornillo

Partes importantes del compresor de tornillo

- Tornillo principal
- Estrellas laterales (2, para el modelo VSS -751; VSS -901) y (1, para el modelo VSR -301).
- Regulador de volumen: su funcionamiento puede ser automático o manual.

- Regulador de capacidad: su funcionamiento puede ser automático o manual.
- Válvulas de seguridad en el depósito del compresor.
- Motor eléctrico.
- Acople del motor eléctrico al eje del compresor.
- Bomba de aceite.
- Separador de aceite.
- Filtro de aceite.
- Manómetro de presión de succión del sistema.
- Manómetro de presión de descarga del sistema.
- Manómetro de presión de aceite en la entrada del filtro de aceite.
- Manómetro de presión de aceite en la salida del filtro de aceite.
- Manómetro de presión de succión del sistema.
- Microprocesador electrónico.

2.2 Sistemas del compresor de tornillo

2.2.1 Sistema de enfriamiento

La válvula del solenoide líquida abre siempre que el compresor esté en funcionamiento. La válvula de expansión termostática controla el flujo de refrigerante líquido al puerto de inyección de compresor en respuesta a la temperatura de la descarga. La temperatura de la descarga se mantiene a un mínimo de 120°F (48.9°C) con un máximo de 140°F (60.0°C). En compresores de la alta etapa el líquido se inyecta directamente en el compresor. Hay una disminución de caballos de fuerza sin embargo cuando el líquido se inyecta en el compresor que varía con el refrigerante y opera a condición normal. El líquido se inyecta en el compresor en un punto en el ciclo del compresión que minimiza la disminución de caballos de fuerza al freno.

2.2.1.1 Partes y componentes del sistema de enfriamiento

- La válvula solenoide de líquido de enfriamiento, válvula de expansión de enfriamiento del compresor.
- La válvula de expansión termostática: regula la entrada de amoníaco líquido, en el compresor en respuesta a la temperatura de la descarga.

2.2.1.2 Localización de averías

Si el enfriamiento del compresor es deficiente, la temperatura de aceite varía y puede ser por el bajo nivel de amoníaco en el sistema, ya que el compresor se enfría con amoníaco líquido; la temperatura del aceite en el compresor aumenta y se detiene. El cutout de temperatura de aceite, detiene la unidad del compresor cuando la temperatura de aceite es demasiado alta o demasiado baja.

- Si se tiene una temperatura de aceite menor de 90°F el compresor se detiene por falta de temperatura en el aceite.
- Si se tiene una temperatura de aceite mayor de 145°F el compresor se detiene por exceso de temperatura en el aceite.

2.2.2 Sistema de lubricación

El rango de temperatura de aceite en el compresor de tornillo de amoníaco debe estar entre 100°F – 140°F

2.2.2.1 Partes y componentes del sistema de enfriamiento

Bomba de aceite

Compresor de tornillo modelo VSS – 751 y 901, la marca de la bomba de aceite es HAIGHT 30U. Con un motor eléctrico de la bomba de aceite marca Lincoln Electric

230 / 460 volts 2.6 / 1.3 amp

1740 RPM ---- 230 Volts -- ¾ hp

1730 RPM ---- 208 Volts -- ¾ hp

Regulando la presión aceite

En las unidades con una bomba de aceite de tiempo completa, el regulador de presión se encuentra en la línea de suministro de aceite del separador y controla las contracorrientes que presionan a los sellos del compresor y esta debe ajustarse para sostener la presión de aceite a 40 psig (275 kPa) encima de la presión de la succión.

Filtro de aceite

Cambie el filtro de aceite después de las primeras 300 horas de funcionamiento. Después de esto, reemplace el filtro cada seis meses, o cuando la caída de presión de aceite a través del filtro alcanzó 15 psi (105 kPa) lo que ocurra primero. Verifique la caída de presión y grábelo diariamente.

Calentador de separador de aceite

El calentador de separador de aceite impide al aceite en el separador ponerse demasiado viscoso y evitar que hierva fuera del recipiente del refrigerante. El calentador sólo se enciende cuando el compresor está apagado.

2.2.2.2 Lubricantes

El tipo de aceite que utilizan en los compresores de tornillo:

- Es el tipo capella ISO 68.

Las siguientes características técnicas del aceite se ven en la tabla III:

Tabla III. Características técnicas del aceite

VILTER tipo "D" el aceite especificaciones	
- El tipo	Nafténico-espuma Resistente
- La gravedad, API,	20.5 a 25.3
- El Punto de llamarada	340° a 400°F
- El Punto de fuego	430° a 460°F
- Los Puntos de la lluvia	-25° a -35°F
- La viscosidad	
SUS/10Q°F	280 a 324 SSU
SUS/210°F	47 a 48 SSU
- La Fuerza de Dieléctrico	25 Min. KV
- El Punto de Niebla	-50°F Max.
- El Punto de la bandada	-50°F Max.
- El Contenido de azufre	0.15% Max.
- El Rango de la anilina	175° a 220°F
- El Contenido de ceniza	0.003% Max.

2.2.3 Sistema de alimentación de amoníaco

El amoníaco no es miscible con el aceite y por lo mismo no se diluye con el aceite del depósito del compresor. Debe usarse un separador de aceite en el tubo de descarga de los sistemas de amoníaco.

2.2.3.1 Tanque recibidor y tuberías de alimentación

En el tanque recibidor de amoníaco, es donde se retiene amoníaco líquido en la parte baja del tanque, el cual proviene de la salida de los condensadores y estos descargan líquido al tanque recibidor a baja presión y baja temperatura, y este líquido es el que succionan los equipos que trabajan en las líneas de producción, el cual absorbe la temperatura del producto; entonces el amoníaco líquido hierve y se convierte en gas, este es succionado y pasa por una trampa de líquido, el cual atrapa el líquido que lleva el gas el cual se dirige a los compresores; estos comprimen el gas y lo descargan a alta temperatura y alta presión a los condensadores. Y el tanque debe tener amoníaco gaseoso en la parte superior del tanque, para que el sistema este a la presión de trabajo.

2.2.3.2 Localización de averías y fugas de amoníaco

Las fugas en un sistema de refrigeración pueden ser hacia adentro o hacia fuera, dependiendo de si la presión del sistema en el punto de fuga sea mayor o menor a la presión atmosférica. Si es mayor, el refrigerante se fugará del sistema al exterior, si es menor que la atmosférica, no se fugará refrigerante al exterior, sino que el aire y la humedad serán arrastrados hacia dentro del sistema. Hacia adentro, el aire y la humedad arrastrados aumentan la presión y la temperatura de la descarga y aceleran el proceso de corrosión.

La humedad en el sistema puede también causar congelamiento en la válvula de control del refrigerante.

Para verificar las fugas en un sistema de **amoníaco**, se coloca cerca una vela de azufre, no en contacto con las juntas de la tubería o en las áreas sospechosas. Se detecta la fuga cuando la vela produce humo blanco. También puede usarse papel de fenoftaleína humedecido, el cual cuando esta en contacto con el vapor de **amoníaco** cambia su color a rojo.

Un método de detección de fugas universalmente usado con todos los refrigerantes, es usando una solución de jabón relativamente viscosa, la cuál está relativamente libre de burbujas. La solución de jabón es primero aplicada en la punta del tubo o en algún área sospechosa, después es examinada con la ayuda de una luz fuerte. La formación de burbujas en la solución de jabón indica la presencia de una fuga. Para que resulte adecuada la prueba con la solución de jabón, la presión del sistema deberá ser de 50 libras por pulgada 2 o mayor.

2.2.4 Sistema eléctrico

Conexiones eléctricas

Se envían de Fábrica las unidades de VSS y VSR con todo el paquete y los mandos montados alambrados. El poder del mando normal es 115 voltios, 60 Hertzio, de una fase. Si un suministro de 115 voltios no está disponible, un transformador del mando puede requerirse. La fuente de poder debe conectarse al tablero del mando según los diagramas eléctricos. Se envían las unidades de VSS y VSR sin el mecanismo de arranque de motor de compresor.

La instalación eléctrica de campo se requiere entre el campo que los mecanismos de arranque montados y el paquete montaron motores. La instalación eléctrica del mando adicional en el campo también se requiere. Se mantienen contactos secos en el tablero del mando arrancando el motor de compresor de tornillo.

Estos contactos serán alambrados en serie con los bobinados del mecanismo de arranque. Un transformador de la corriente se suministra en con la unidad del compresor, y se localiza en la caja de la unión de motor. Este transformador será instalado alrededor de una fase del mecanismo de arranque de motor de compresor. Un contacto auxiliar normalmente abierto del mecanismo de arranque de motor de compresor también se requiere. Pueden encontrarse situaciones finales para esta instalación eléctrica en el diagrama de la instalación eléctrica proporcionado con esta unidad.

2.2.4.1 Especificaciones del motor eléctrico.

Compresor de tornillo modelo VSS – 751 y 901

- Motor de accionamiento eléctrico 350 hp.
- Funciona a 3550 RPM.
- Voltaje 230 / 460
- Es de 3 fases,
- de 60 hertz,
- Es de 385 / 769 AMPS;
- Marca Lincoln Electric A.C. motor.
- RAM – High efficiency Motor Refrigeration Duty

2.2.4.2 Características del motor eléctrico

Compresor de tornillo modelo VSR – 301:

- Motor de accionamiento eléctrico 125 hp.
- Funciona a 3495 RPM.
- Voltaje 230 / 460
- Es de 3 fases,
- de 60 hertz,
- Es de 284 / 142 AMPS;
- Marca Lincoln Electric A.C. motor.

2.2.4.3 Panel de instrumentos (microprocesador)

Este es el número de serie del programa del compresor de tornillo:

VISSION MICRO-CONTROLLER
VILTER MANUFACTURING VISSION
Program Version: 1.0.5 (11/13/00)
VISSION Version: VSS 1.31 – 112800
8032 Version: 1.20B2200 R 717 VSS 751

Controles del sistema del microprocesador

Esta equipado con un funcionamiento automático a distancia, la unidad de compresor de tornillo tiene seguridad controlada para protegerlo de las condiciones operación irregulares, un arranque automático y controles de capacidad y volumen de proporción que se gradúan manual o automáticamente.

Verifique toda la presión controla con una fuente de presión remota, para asegurar que toda la seguridad y operando límites del mando operan al punto indicado en el microprocesador.

La unidad puede equiparse con bloque optativo y puede drenarse las válvulas que se usan para recalibrar los transductores de presión, drenando la válvula del bloque que esta, cuando la unidad esta apagada y se puede drenar la presión fuera del sistema abriendo la válvula cerca del transductor de presión. El transductor puede calibrarse entonces a presión atmosférica (psig de 0), o una fuente de presión externa con una medida exacta puede atarse al drenar la válvula. El transductor de presión de descarga no puede aislarse de su fuente de presión, así que está provisto con sólo una válvula, para permitir una medida de presión exacta y el transductor de presión calibrado a la presión indicada. Examine nuevamente los transductores periódicamente para cualquier tendencia de calibración.

2.2.5 Revisión del acople

Se envían unidades de compresores de tornillo VSS y VSR con todos los componentes principales armados en acero estructural. Se localizan orificios de tornillo en las unidades que se montan en el suelo. Mantenga un espacio adecuado para realizar trabajos de servicio. Cuando la unidad del compresor está en su lugar en el relleno de concreto, verifique los cuatro pernos que estén a la distancia correcta y revise que esté nivelado. Use shims y cuñas cuanto necesite bajo la base de montaje para ajustar el nivel en la unidad. En unidades de VSS el motor y el compresor se alinean en la fábrica. El disco indicador de alineación es el método que se recomienda. La alineación final debe estar dentro de 0.004 pulgadas en el indicador total que lee en todas las direcciones.

2.3 Concepto de mantenimiento

Mantenimiento es la serie de trabajos que hay que ejecutar en algún equipo, maquinaria o planta; a fin de conservarlo y que de el servicio para el cual fue diseñado.

2.3.1 Mantenimiento preventivo

Es la conservación planeada teniendo como función conocer sistemáticamente el estado de maquinas e instalaciones para programar en los momentos más oportunos y de menos impacto en la producción. Su finalidad es reducir al mínimo las averías y una depreciación excesiva. Un programa de mantenimiento preventivo es la acción de mantener en buen estado el equipo, se realizara a través de visitas revisiones lubricación periódica y limpieza.

2.3.2 Inspección diaria pre-operación (arranque)

Esta se debe realizar antes de poner en funcionamiento el compresor de tornillo: revisar el nivel de aceite del compresor, la temperatura del aceite para ver si es la adecuada para poner en funcionamiento el compresor, revisar posibles fugas de amoníaco en las tuberías del compresor, y revisar la presión de succión para ver si es necesario poner en funcionamiento el compresor o no, y de ser necesario se debe arrancar el compresor en el modo automático para que compresor funcione en base a la demanda del sistema.

2.3.3 Mantenimiento correctivo

Es la actividad a desarrollar después que una máquina ha dejado de trabajar o trabaja defectuosamente.

3 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

3.1 Mantenimiento preventivo del compresor de tornillo

Examínese cuidadosamente el sistema de refrigeración para ver si tiene fugas, y si todos sus componentes después de haber sido instalados funcionan como es debido. Haciendo esto se logrará que el sistema dé servicio satisfactorio por largo tiempo. Sin embargo, para lograr que el equipo funcione bien sin causar dificultades, es necesario llevar a cabo un programa sistemático de servicio. Por consiguiente, se recomienda el siguiente programa de mantenimiento.

A. Diariamente

- Verifique el Nivel de aceite.
- Verifique toda las presiones y lecturas de temperatura del lubricante y refrigerante.
- Verifique la caída de presión excesiva en la entrada y salida del filtro de aceite micrónico. Cambie el filtro cuando la caída de presión excede 15 psi o cada seis meses lo que ocurra primero. Para el adecuado procedimiento para cambiar el filtro aceite micrónico y cambio de aceite en el sistema.
- Limpie el colador al tiempo que se reemplaza el cartucho del filtro
- Verifique el sonido del compresor por ruidos anormales.
- Verifique el sello del eje por fuga de aceite excesiva. Una cantidad pequeña de fuga de aceite es normal. Esto permite lubricación de las caras de la sello.

B. Semanalmente (también las actividades anteriores)

- Verifique las fugas en un sistema de **amoníaco**, se coloca cerca una vela de azufre, no en contacto con las juntas del tubo o en las áreas sospechosas. Se detecta la fuga cuando la vela produce humo blanco. Conveniente durante primero cuatro semanas de funcionamiento.
- Verifique presiones de aceite y de revise las actividades que se producen en el microprocesador y las hojas de actividades.
- Verifique el nivel de refrigerante en la mirilla del recipiente.
- Verifíquense las presiones del lubricante.
- Verifíquense los niveles del refrigerante en los depósitos.
- Examínense el filtro en el sistema de succión.
- Examínense los serpentines de baja temperatura para quitarles el hielo que se forme.
- Examínense todas las indicaciones de los manómetros y de la temperatura.

C. Mensualmente (también las actividades anteriores)

- Lubríquense todos los motores y cojinetes (si se usa grasa, una vez cada 6 meses). Síganse las instrucciones del fabricante sobre lubricación.
- Verifique la calibración y funcionamiento de todos los mandos, particularmente los mandos de seguridad.
- Examínense los enfriadores del aceite del compresor (si se usan) para ver si presentan señales de corrosión, depósitos o algún otro deterioro.
- Opere capacidad del compresor y la proporción de volumen controla automáticamente y por mano a través de su rango.

- Verifíquese el alineamiento de los mecanismos de la transmisión y véase si sus distintas piezas están debidamente apretadas. (Los tornillos de acoplamiento de las transmisiones directas deben apretarse).
- Examínense las torres de enfriamiento y condensadores evaporativos para ver si tienen algas o incrustaciones. Examínense asimismo los atomizadores y las mallas para ver si están obstruidos. Consúltese a los fabricantes sobre materiales para el tratamiento de aguas en cuanto a los métodos para corregir los problemas de algas y depósitos.

D. Trimestralmente (Aproximadamente 2000 horas operando)

Verifique el movimiento del rotor del compresor que conduce el acoplamiento en el extremo que determina al rodamiento a flote.

E. Anualmente (también las actividades)

- Examínese todo el sistema para ver si hay fugas.
- Vacíese el agua de los condensadores y de las torres de enfriamiento y examínense las tuberías. Obsérvense cuidadosamente para ver si existen daños causados por corrosión o depósitos.
- Quítese todo el óxido del equipo, luego límpiese y píntese el mismo.
- Véase si los controles eléctricos funcionan bien y si se encuentran en buen estado.
- Limpie todas las fugas de aceite.
- Compresores de coladera de succión limpios.
- Los motores del cheque y entusiastas para el uso del árbol y obra del extremo.

- Verifique el funcionamiento y condición del general de microprocesador y otros mandos eléctricos.
- Vacíe y limpie el sistema de aceite entero y desagüe en el receptor, el separador de aceite y la armadura del filtro. Recargue con aceite nuevo, limpio y seco. Para el procedimiento apropiado para el cambio de filtro micrónico de aceite y cambie aceite en el sistema.
- Verifique el acoplamiento del compresor.
- Verifique el uso de Bomba de aceite.
- Verifique la calibración de los transductores de presión de microprocesador y RTD para la operación exacta.
- Verifique el montaje de los tornillos del compresor y motor.

F. Fugas del sistema

Existen muchas razones por las que aparecen fugas en los sistemas de refrigeración. Como el resecamiento de las empaquetaduras de las válvulas, la compresión de las empaquetadoras, la colocación incorrecta de las tapas de las válvulas y el aflojamiento de las juntas debido a vibración. Por estas razones es de gran importancia realizar periódicamente pruebas para ver si hay fugas. Por la misma razón, cuando se ejecutan operaciones de servicio en el sistema, debe tenerse cuidado de apretar todas las bridas, de que todos los tapones que se quiten sean colocados de nuevo poniéndoles compuesto especial en las roscas, de que todas las empaquetaduras de los vástagos de las válvulas estén apretadas y de que todas las tapas de las válvulas hayan sido repuestas. Luego, cuando se vuelve a poner el equipo en servicio, deben examinarse todas las juntas o válvulas que se hayan movido durante las operaciones de servicio, para ver si hay fugas.

G. Ciclo de funcionamiento anual

En una base a un funcionamiento incesante:

- Mantenga la unidad en condición limpia y pinte si es necesario.
- La válvula detiene el flujo de grasa y pasa por la tapa de la válvula.

Cuando el equipo de refrigeración trabaja 24 horas diarias todo el año, se recomienda que se haga una revisión anual de todas las partes internas del compresor. A pesar de que se mantienen normas altas en cuanto a los materiales de que se fabrican los compresores de Vilter, el trabajo constante y la presencia de materias extrañas puede resultar muy perjudicial para el compresor. Para evitar paradas innecesarias o evitar que el compresor quede paralizado, las tapas laterales deben quitarse anualmente, y realizar una inspección visual en las partes interiores. De esta manera, con el corto tiempo que se dedique a verificar anualmente la condición del compresor, puede evitarse descomposturas que paralicen la máquina por mucho tiempo con la pérdida consecuente del producto y reparaciones costosas.

3.1.1 Cambio de aceite

Una vez la unidad ha empezado y ha estado operándose al 50% de su capacidad, el aceite puede ser agregado, para tener el nivel de aceite al punto de operación normal. Con la unidad operando, debe agregarse aceite a través de la conexión cargando en la coladera de la succión. El nivel operando normal está entre los 2 lentes de la vista en el separador de aceite. Vea la Tabla IV para saber aproximados la cantidad de aceite que hay que cargar al compresor en base al tamaño del separador de aceite:

Tabla IV. La capacidad de aceite

Clasificación según el separador aceite	Cargo de aceite aproximado galones
VSR 16"	20 a 27
VSR 20"	22 a 31
20"	30 a 40
24"	40 a 50 (VSS – 751)
30"	60 a 75
36"	95 a 105
42"	145 a 165

Siempre que tenga que ser agregado aceite, este debe ser de la misma marca. Debe evitarse mezclar diferentes marcas. Recuerde, el aceite limpio no debe usarse cuando absorbe la humedad contenida en el aire ya que causa corrosión en los compresores de amoníaco. Si en cualquier momento debe cambiar el aceite, el filtro de aceite también debe cambiarse.

Durante el funcionamiento, mantenga el nivel de aceite del recipiente / separador en el rango; operando normal entre los dos lentes de vista de ojos de buey. Si el nivel de aceite sólo es visible en el vidrio de la vista más bajo, agregue aceite, a través de la conexión localizada a la entrada de succión de compresor. Bombee aceite en el compresor hasta que el nivel de aceite en el separador esté entre los dos lentes de vista de ojos de buey. Vigile este nivel cuidadosamente para mantener el funcionamiento apropiado. Nunca permita alcanzar un nivel más alto de aceite que indica en el vidrio de la vista más alto, puesto que esto puede dañar el funcionamiento y rendimiento de la porción de separador de aceite de este depósito de mezcla.

3.1.2 Cambio de filtro de aceite

Cambie el filtro de aceite después de las primeras 300 horas de funcionamiento, cuando note que el tiempo ha transcurrido.

Después de esto, reemplace el filtro cada seis meses, o cuando la caída de presión de aceite a través del filtro alcanzó 15 psi (105 kPa) lo que ocurre primero. Verifique la caída de presión y grábelo diariamente. Para preparar el cambio del filtro de aceite, apague el compresor. Cierre las válvulas de paso de aceite antes y después del filtro, y vacía el filtro.

- **Cambio del filtro, unidades de VSR,**

Suelte y remueva cerrando la llave en tanque del filtro, dando vuelta a en el sentido de las agujas del reloj en un contador de dirección. Remueva el tanque del filtro con el elemento usado. Remueva el elemento del filtro del tanque. Antes de volver a montar, completamente limpie el tanque para prolongar el lapso de vida del elemento del filtro. Moje las roscas y el o-anillo en la cabeza y el o-anillo en el nuevo elemento con aceite de refrigeración limpio.

- **Cambio del filtro, unidades de VSS.**

Desmante los tornillos que sostienen la pestaña de la tapa del tanque. Quite la pestaña de la tapa y el plato del resorte, remueva el elemento del filtro. Antes de volver a montar, limpie completamente el tanque y plato del resorte para alargar la vida del elemento del filtro. Instale platillo del resorte y tornillo el montaje de la tapa en su lugar.

Precaución

Al cambiar el filtro, elimine el filtro obstruido. Ahorre y vuelva a usar el plato del resorte y centre el elemento. Este filtro debe instalarse con el plato del resorte. Un compresor que se permite operar sin el plato del resorte está corriendo aceite no filtrado.

3.1.3 Fichas de control de mantenimiento

Los intervalos de servicio siguientes están basados en las unidades de compresor de tornillo sencillo VSS / VSR. En la tabla V se muestra la gráfica de mantenimiento rutinario a ser realizado en la máquina a los intervalos de cada hora de 200 horas a 120,000 horas.

Tabla V. Intervalos de servicio al compresor de tornillo

		INTERVALO de SERVICIO (HORAS)													
	INSPECCIÓN	2	5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1
GRUPO	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	1	2
	DETALLE DE	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	MANTENIMIENTO		O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
				O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
													O	O	O
CIRCUITO A	Cambio de aceite (1)		R		R		R		R		R		R		R
LUBRICAR	Análisis de aceite (2)		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	Filtros de aceite (3)	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
	Colador de aceite	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
PAQUETE	Elementos combinados					R			R			R			R
	Pantalla de la succión	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Filtro de la Línea líquida	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	Alineación unida e Integra	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
CONTROL	Transductores	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
CALIBRACIÓN	RTD's	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
COMPRESOR	Inspección del Compresor		I		I		I		I		I		I		I
	Cojinetes														I

Clave

- I Inspeccione.
- R Reemplazar.
- S Tomar muestra.

Notas:

- (1) el aceite debe cambiarse a estos intervalos, a menos que los resultados de análisis de aceite exceden el límite aceptable. La frecuencia de cambios dependerá de la limpieza del sistema.
- (2) el análisis de aceite debe hacerse a estos intervalos como mínimo; la frecuencia de análisis depende de la limpieza del sistema.
- (3) el filtro de aceite en un mínimo debe cambiarse a estos intervalos o anualmente. Sin embargo, el filtro de aceite debe cambiarse si el diferencial del filtro de aceite excede 12 psi o el análisis de aceite lo requiere, según el resultado.

3.1.4 Fichas de control de inspecciones diarias

TOMAR LECTURAS DE LOS MANOMETRO DEL COMPRESOR #									
FECHA		UNIDAD #							
	PRESIONES (PSI)				TEMPERATURAS (°F)				REVISION DE FUGAS
HORA	SUC	DESC	ACEITE	DIF. FILTRO	SUC	DESC	ACEITE	DIF. FILTRO	COMPRESOR
1									SI () NO ()
2									TUBERIAS DE LIQUIDO NH3
3									SI () NO ()
4									PRUEBA DE ENCENDIDO
5									Y APAGADO SI () NO ()
6									REALIZAR PRUEBA DE
7									SI () NO ()
8									REVISAR NIVEL DE ACEITE
9									SI () NO ()
10									REALIZAR LIMPIEZA EXTERIOR
11									SI () NO ()
12									CANTIDAD DE ACEITE AÑADIDO
13									SI () LITROS NO ()
14									OBSERVACIONES
15									
16									
17									NOMBRE DEL OPERADOR
18									
19									TURNO DIURNO
20									NOMBRE DEL OPERADOR
21									
22									TURNO NOCTURNO
23									SUPERVISOR
24									REVISADO

3.2 Mantenimiento correctivo del compresor de tornillo

Este se da cuando se debe reparar de emergencia:

- Reparar una fuga de amoníaco en las tuberías del compresor.
- Cambiar el sello del eje del compresor de tornillo.
- Cambiar el sello de la bomba de aceite.
- Cambiar el filtro de aceite por encontrarse saturado.
- Cambiar o regular válvula solenoide de enfriamiento.
- Reponer aceite al compresor de tornillo.

3.2.1 Cambio del acople

Este se debe dar cuando el acople se daña; por causa de un mal montaje, después de haber efectuado una reparación en el sello del eje del compresor de tornillo o por hacerle una reparación al motor eléctrico de accionamiento del compresor, es difícil que suceda esto, pero puede pasar.

4. SEGURIDAD INDUSTRIAL EN EL MANEJO DE AMONÍACO

El refrigerante denominado amoníaco anhidro, cuya denominación comercial es conocida como R-717, no es un veneno acumulativo, tiene un olor nauseabundo muy característico, que aún a bajas concentraciones, es detectado por la mayoría de las personas. El amoníaco se detecta de inmediato, en caso de filtraciones mínimas, sirve como su propio agente de advertencia, es muy difícil que una persona permanezca por su propia decisión en áreas en que exista una pequeña filtración de amoníaco. Debido a que el amoníaco es más ligero que el aire, el mejor medio para prevenir acumulaciones peligrosas es una adecuada ventilación. La experiencia ha demostrado que el amoníaco es extremadamente difícil de arder, y bajo condiciones normales es un compuesto muy estable. Bajo condiciones extremas, el amoníaco puede formar mezclas explosivas con el aire y el oxígeno, por lo que esta situación debería tratarse con mucho cuidado.

Asegúrese que el equipo de extracción sea el adecuado y manténgalo en buenas condiciones de operación. Provea alumbrado de emergencia, salidas adecuadas, máscaras para amoníaco y suficientes filtros para las máscaras.

4.1 Recomendaciones en caso de accidente

En caso de una emergencia debido a una fuga de amoníaco en el sistema de refrigeración proceder de la siguiente manera:

- Mantener la calma.
- Proteger primero la vida, despejando la sala de máquinas del personal.

- Despejar todos los edificios cercanos de personas.
- Avisar a la compañía de electricidad y cuerpo de bomberos, si la fuga es demasiado grande.
- Con el personal de mantenimiento presente, se podrá cortar la energía eléctrica en la entrada principal de la planta.
- El cuerpo de bomberos deberá usar máscaras con aire comprimido, la planta deberá tener máscaras de este tipo, ubicadas en la parte exterior del edificio.
- Si la energía eléctrica está cortada y ya no existe peligro de explosión, entrar al edificio con máscara de aire y con una cuerda amarrada alrededor de la cintura para proceder a cerrar las válvulas correspondientes y detener la filtración.
- Las máscaras portátiles con filtro solamente son efectivas en caso de filtraciones pequeñas y son MUY PELIGROSAS si se usan en caso de filtraciones mayores incontroladas. Todas las máscaras deberán mantenerse en la parte exterior de la sala de máquinas.

Al entrar en un recinto con un ambiente que contenga amoníaco, es absolutamente necesario colocarse una máscara provista para este fin, aún cuando la concentración sea pequeña. Esta máscara debe cubrir completamente los ojos, la nariz y la boca. Las manos deben estar protegidas por guantes de cuero o de hule para impedir las quemaduras provocadas al tocar elementos que están impregnados de amoníaco líquido.

4.2 Quemaduras producidas por vapor de amoníaco

En caso de encontrarse una persona con quemaduras producidas por vapor de Amoníaco, debe procederse de la siguiente manera.

- Saque a la persona afectada del recinto contaminado y expóngala al aire libre, si la persona tiene la ropa mojada o Impregnada con amoníaco, deberá ser despojado de ésta rápidamente, lavar su cuerpo desnudo con abundante agua fría o tibia, de ser posible, hacerla con una mezcla de agua y vinagre (1 medida de vinagre y 5 de agua), después aplicar una solución de ácido pícrico o vaselina amarilla, con mucho cuidado en las áreas afectadas, mantener al paciente abrigado hasta que llegue un médico.
- Si el accidentado está consciente y no presenta quemaduras en la boca, se le puede suministrar té o café dulce, tibio o caliente.
- Si la persona está Inconsciente y presente problemas de respiración, aplicarle respiración artificial de boca a boca. El oxígeno puede ser administrado solamente por una persona autorizada por un médico.
- Coloque un paño impregnado en vinagre diluido con agua sobre la nariz y la boca, a fin de que la persona inhale los vapores del vinagre. Además, es recomendable la inhalación de los vapores de agua.
- En caso de haber estornudos fuertes, es aconsejable suministrar píldoras de codeína al (0.03) a la persona afectada.
- La víctima no deberá caminar, sino que deberá ser transportada por el personal de la clínica.

4.3 Salpicadura de líquido de amoníaco en los ojos

- Lave los ojos en forma inmediata con una solución de 2.5 % de ácido bórico y 2.5 de bórax en agua destilada, abriendo los ojos del afectado lo más posibles, levantándole los párpados.

- En caso de que no se tengan las sustancias arriba mencionadas, use agua tibia, a la temperatura del cuerpo. Continúe haciéndolo por lo menos durante media hora.
- No frote los ojos por ningún motivo, ni permita que la víctima lo haga.
- Llame de Inmediato a un médico especialista en ojos.

4.4 Ingerir agua contaminada con amoníaco

- En caso que el afectado esté consciente, se le deberá hacer tomar Inmediatamente vinagre diluido, jugo de limón o limonada en grandes cantidades (varios litros) hasta hacerla vomitar. Además, se le puede hacer tomar agua caliente para acelerar el proceso.
- Después de que la víctima haya vomitado, deberá tomar leche o la clara de tres huevos y hielo. Es Imprescindible que el afectado sea tratado por un médico. Como medida de precaución, en caso de accidentes en plantas en las que se use amoníaco, es aconsejable disponer cerca de la sala de máquinas, de una ducha o de preferencia de un estanque donde se puedan Introducir a las personas afectadas.

4.5 Utensilios para primeros auxilios

La planta debe tener un botiquín de primeros auxilios con los siguientes medicamentos y elementos a la vista, y de acceso fácil, es Imprescindible que cada frasco o botella contenga una etiqueta con el nombre, uso y forma de empleo.

- Una botella conteniendo 2.5 % de bórax y 2.5 % de ácido bórico en agua destilada, para salpicadura de líquido en los ojos.

- Dos botellas de vinagre diluido (5 partes de agua por 1 parte de vinagre) para que la persona inhale los vapores del vinagre.
- Una botella de ácido pícrico para las quemaduras de la piel.
- Un frasco de vaselina blanca para los ojos.
- Un frasco de vaselina amarilla para las quemaduras de piel.
- Un frasco de píldoras de codeína al (0.03) para los estornudos fuertes.
- Un paquete de algodón.
- Un paquete de gasa.
- Equipo especial para lavado de ojos.
- Un vaso para tomar líquidos.
- Un instructivo para el correcto empleo de cada medicamento arriba mencionado

4.6 Equipos de protección

Cada sala de máquinas tendrá el siguiente equipo de seguridad como mínimo para cada persona o trabajador en el área. El equipo de emergencia estará ubicado en un lugar accesible al exterior de la sala de máquinas. Una máscara facial con filtro (canister) para amoníaco; este filtro es efectivo por cortos períodos de tiempo en concentraciones ligeras de vapor de amoníaco, generalmente de 15 minutos de concentración del 3% o menor y no protege en concentraciones altas de vapores de amoníaco. Si vapores de amoníaco son detectados cuando se esté usando la máscara facial, nos indica que la concentración es demasiado alta por lo que su uso ya no es seguro. La vida de un filtro en servicio está controlada por el porcentaje de vapor de amoníaco a la que está expuesta. Los filtros no deben ser abiertos hasta que estén listos para usarse, y serán descartados después de su uso, aún cuando sea por breve tiempo.

Los filtros sin abrir pueden ser garantizados por un período de tres años, los filtros deberán ser etiquetados con fecha cuando sean recibidos en bodega debido a su vida limitada. Además de esta protección, debe de usarse una máscara facial con suministro de aire Independiente, del tipo usado por los cuerpos de bomberos o para pesca submarina (scuba.), para emergencias severas de pérdidas de amoníaco, y cada sala de máquinas debería de tener por lo menos uno de estos equipos:

- Un par de guantes de hule
- Un par de botas de hule
- Un impermeable de hule y/o pantalones y chaqueta de hule.
- Una linterna de buena calidad.
- Una regadera o ducha fácilmente accesible por lo menos, un tonel abierto en la parte superior, con agua limpia y con una regadera tipo jardín, cerca de la sala de máquinas.
- Botiquín de primeros auxilios, cerca de la sala de máquinas.
- En una caja con puerta de vidrio, fácil de quebrar, se deberá mantener en forma permanente una cantidad adecuada de mechas de azufre y cerillos, para detectar en forma rápida, cualquier filtración de amoníaco por leve que esta sea.

¿Qué hacer en caso de localizar una fuga de Amoníaco sensible al olfato?

- **DEJE DE RESPIRAR INMEDIATAMENTE.** Por lo general una persona puede estar entre 25 a 30 segundos sin sentir la necesidad Inminente de respirar. En caso de ser necesario, respire ligeramente y deje de hacerla apenas sienta el olor de amoníaco en su nariz.

- **ENTRECIERRE LOS OJOS**, para disminuir la exposición de la humedad de estos a los efectos del amoníaco.
- **MANTENGA LA BOCA CERRADA**, no hable mientras se mantenga en un ambiente saturado de amoníaco.
- **INCLINESE**. Debido a que el amoníaco es más liviano que el aire, siempre tenderá a estar en la parte superior de cualquier ambiente.
- **NO CORRA**, ubique con toda calma la salida más cercana y sin prisa, camine hacia ella.
- Una vez en el exterior, ubicar una llave de agua y lávese con abundante agua cualquier parte del cuerpo que haya sido afectada por el amoníaco.
- Informe de inmediato al personal de mantenimiento para que se tomen las medidas correctivas correspondientes.

4.7 Efectos fisiológicos en el ser humano

El amoníaco es fácil de detectar en el aire, debido a su olor característico y que en concentraciones pequeñas en el ambiente obligan al personal a salir del recinto afectado.

El amoníaco debido a que es muy soluble en el agua (a temperatura ordinaria y a presión atmosférica, un litro de agua puede absorber 700 litros de vapor de amoníaco, que corresponde aproximadamente medio kilo de amoníaco líquido), ataca todas las partes húmedas del cuerpo, en especial: ojos, nariz, garganta y pulmones.

Con una concentración de 0.035% de amoníaco en el ambiente, al poco tiempo de exposición surgen daños o lesiones corporales que presentan los siguientes síntomas:

- Fuerte Irritación de los ojos y nariz.
- Estornudos, salivación excesiva.
- Dolor de cabeza y enrojecimiento de la cara.
- Fuerte transpiración.

Estos efectos empiezan en los primeros minutos de exposición de la persona, al salir al ambiente no contaminado, la recuperación del individuo es rápida y fácil.

Las concentraciones más fuertes atacan las córneas de los ojos, las membranas mucosas de la garganta, los estornudos son más frecuentes y dolorosos, se tienen una sensación de asfixia llegando a la paralización del aparato respiratorio (pulmones) en la persona, lo que da como resultado la muerte en el individuo.

4.8 Manejo seguro del amoníaco

Tenga a la mano una cuerda larga para amarrar a una persona en caso que necesite entrar de emergencia en una cámara o sala Impregnada con cualquier refrigerante, esto sirve como una guía para salir, además en caso necesite ubicar y rescatar a otra persona.

Nunca entre a una sala que tenga altas concentraciones de amoníaco sin estar acompañado de otra persona. Compruebe las temperaturas del aceite y de la descarga del compresor, mantenerlas de acuerdo con las Indicaciones del fabricante del compresor y determine la causa si las temperaturas límites han sido sobrepasadas.

Por ningún motivo hay que colgarse, pararse o apoyarse en la tubería que conduce al refrigerante, además si encuentra cualquier tipo de vibración en esta tubería repórtelo de inmediato al jefe de mantenimiento para que sea eliminada.

Mantenga en su lugar la protección de las poleas y las fajas del compresor y no lo opere hasta que sean repuestas en caso de reparaciones.

Conecte las descargas de las válvulas de seguridad a un difusor conectado en el exterior del edificio.

Nunca cierre la válvula de salida de un receptor lleno de refrigerante líquido a menos que esté protegido con una válvula de seguridad de tamaño adecuado. Nunca exponer los receptores, cilindros o botellas de refrigerante a un calor excesivo.

Disponga siempre de un acompañante en caso de reparaciones en la sala de máquinas o cámaras refrigeradas.

Desarrollar un plan de procedimientos de emergencia e instruir al personal de la planta, de una forma periódica, para que conozca la ubicación de la válvula de salida principal del receptor de amoníaco, interruptor de los compresores y de la manguera de agua más cercana.

- Asegúrese que los extinguidotes de incendio estén en buenas condiciones de operación, en suficiente número, y ubicados en lugares apropiados.
- Siempre usar una máscara que cubra toda la cara, cuando se hagan reparaciones en lugares donde la pérdida de amoníaco puede ocurrir.

4.9 Precauciones de seguridad

El jefe de mantenimiento puede y debe minimizar los riesgos inherentes del amoníaco, tomando las siguientes precauciones:

Mantenga la presión de descarga dentro de los rangos normales de trabajo, entre 150 psig a 180 psig, purgando el sistema todas las veces que sea necesario para evitar la acumulación de gases no condensables.

Cuando se efectúen reparaciones con soldadura, se debe bombear el sistema, ventilar y proveer un área amplia para desahogo de la presión en caso que los vapores no pueden ser completamente eliminados.

Eliminar lo más pronto posible cualquier tipo de fuga de amoníaco.

Tener máscaras para gases de amoníaco (que cubran toda la cara) y exigir que se enseñe el uso apropiado.

Deberá haber un número suficiente de máscaras para todo el personal que tengan que entrar a zonas afectadas por pérdidas de amoníaco.

Las máscaras deberán estar en lugares accesibles y que no estén expuestas a la contaminación de amoníaco.

Las máscaras deben ser revisadas periódicamente para tener la seguridad de que están en buenas condiciones de operación en caso de emergencias y que el filtro tenga amplia capacidad de absorción.

El personal deberá practicar periódicamente el uso de máscaras, para no cometer errores o demoras en caso de alguna emergencia.

Disponer en diversas partes de la planta de agua potable, duchas, mangueras y estanques. Proveer medidas adecuadas para una rápida y efectiva ventilación.

De ser posible, tener en existencia dos máscaras faciales con sistema de aire comprimido autónomo (scuba), con trajes herméticos, que sirvan para entrar en recintos saturados de amoníaco (los cuerpos de bomberos a veces no cuentan con estos elementos de seguridad).

Colocar instrucciones de comportamiento en caso de accidentes, colocados en diferentes lugares de la planta, y a la vista del personal.

4.10 Precauciones de seguridad para la sala de máquinas

Es siempre preferible mejorar al máximo las condiciones de seguridad en la planta. Las siguientes precauciones son sugeridas para este propósito:

Todos los controles de seguridad por alta presión y el control de presión de agua serán controlados a Intervalos regulares.

Los controles de seguridad de alta presión serán retirados de su ubicación en la máquina y comprobados con un manómetro patrón.

El control de presión de agua se hace parando la bomba de agua y asegurándose que todas las maquinas se detenga.

Asegurarse de que todo recibidor, acumulador o recolector, tengan una válvula de seguridad con tubo directamente hacia la parte exterior del edificio de la planta. La válvula de seguridad descargaría siempre hacia arriba.

El gas del amoníaco es más liviano que el aire y continuaría elevándose. El amoníaco líquido, por fuerza, se desparramaría en el suelo. El recolector tendría una válvula manual sellada que, en caso de emergencia, pueda descargar la totalidad del Amoníaco en la torre enfriadora de agua.

Mantenga todas las válvulas principales de paso de líquido, succión y descarga en buenas condiciones de operación, esto es, con prensa estopa blanda, nuevas y fáciles de accionar con la mano. Nunca use llaves manuales sobre 10" o llaves especialmente diseñadas para otros fines.

Todas las estufas a gas tendrán válvulas de corte tan cerca como sea posible en la parte exterior del edificio o de la sala de maquinas, esto ocurriría si fuera posible, con los partidores y los controles automáticos.

En caso de grandes pérdidas de amoníaco, las máquinas deberán seguir funcionando para evitar un posible arco eléctrico en los controles magnéticos. La posible explosión e iniciación de incendio podría ocurrir por:

- Llama abierta.
- Desconexión de partidores magnéticos.
- Focos sobre o cerca de las maquinas, los cuales pudieran quebrarse.

La sala de máquinas deberá tener ventilación en el techo, de ser posible, el amoníaco es más liviano que el aire y tiende a elevarse hacia el techo. Se recomienda tener ventiladores de emergencia.

Se recomienda una máxima ventilación y durante los meses de verano, todas las ventanas deberán mantenerse abiertas. Mientras exista más circulación de aire, habrá menores posibilidades de mezclas explosivas críticas de aproximadamente 16% de amoníaco y aire.

Se debe eliminar por todos los medios posibles, la vibración en las líneas de amoníaco, especial atención a las líneas de descarga.

Asegúrese que todos los controles de líquido estén trabajando en perfectas condiciones, si la planta está diseñada de tal manera que todo el amoníaco fluya hacia uno o dos grandes acumuladores, se deberá instalar un control de alto nivel para cerrar la válvula principal y detener todas las máquinas.

En todos los sistemas booster (dos etapas o más) se deberá tener las siguientes protecciones: los motores deberán estar interconectados eléctricamente a la succión del compresor de alta, de tal manera que ellos no puedan funcionar a menos que uno de los compresores de alta este funcionando. Todos los compresores de baja tendrán un control de alta presión, si la maquina alcanza 40 o 50 psi., el o los boosters dejarían de funcionar, el intercooler deberá tener una válvula de seguridad ajustada a 150 psi. Con tuberías hacia la parte exterior de edificio.

Todas las válvulas deberán tener un asiento empujado contra la presión del compresor, en caso de pérdidas por el vástago de la válvula. Examinar todas las válvulas en las líneas de descarga y asegúrese que estén en la posición correcta, de no ser de esa forma, cambiar la posición de la válvula en 180 grados.

La sala de calderas si se encuentra adyacente a la sala de compresores, deberá estar separadas por puertas que no permitan pasar el aire, y las ventanas deberán ser selladas con ladrillo.

Las máscaras de amoníaco, siempre deberán estar listas afuera de la sala de máquinas, en caso de una posible pérdida de amoníaco en el área.

4.11 Prevención de explosiones

Para cualquier persona que esté relacionada con reparación u operación de plantas que trabajan con amoníaco, es de suma Importancia tomar en cuenta todos los riesgos y peligros que representa trabajar con dicho refrigerante, aún cuando son relativamente seguras y eficientes, las plantas de refrigeración por amoníaco pueden ser peligrosas para la vida de Individuos si son mal maniobradas.

Siempre que el amoníaco alcanza, en presencia del aire una mezcla crítica de alrededor del 15 al 16 %, y existen llamas o chispas presentes, este explota. La mayoría de las veces habrán Incendio a menos que los materiales en el área de la explosión sean no combustibles. Algunas de las causas conocidas como causantes de explosiones de amoníaco son las siguientes:

- Roturas de la línea de descarga, la vibración generalmente causa la rotura de las líneas en el sector de las roscas de acoplamiento.
- Congelamiento de enfriadores multitubulares, dejando escapar gran volumen de amoníaco.
- Golpes de líquido por abertura demasiado rápida de las válvulas que pueden romper la tubería, válvulas o empaques de los flanges.

- Fallas por falta de tolerancia en el movimiento de contracción y dilatación de la tubería.

Toda vibración será eliminada en las líneas de descarga, cada niple será eliminado en el manifold de descarga. Si existe la más pequeña filtración o pérdida, éste niple será cambiado por uno del tipo extra grueso.

Un mantenimiento riguroso, y un buen control del sistema de lubricación, además de controlar el funcionamiento de los sistemas de expansión para mantener el amoníaco líquido fuera de los cilindros del compresor prevendrá la gran mayoría de los, problemas existentes en un sistema de refrigeración.

Un control adecuado de la densidad de la salmuera en el enfriador multitubular (chiller), y en los controles de los bancos de hielo para prevenir una fabricación de hielo en los mismos, prevendrá las pérdidas de amoníaco y evitará el peligro de una posible concentración explosiva de amoníaco y aire en el área. Los golpes de líquido pueden prevenirse con una puesta en marcha muy cuidadosa de la planta, si es que ha estado detenida por muchas horas con altas presiones de succión (35 psig o más). Mantener el nivel de líquido trabajando en el recolector, de esta manera, se puede saber donde está el amoníaco en todo momento.

Si el nivel del líquido esta fuera del recolector, se sabría que en el lado de baja hay Amoníaco líquido, entonces hay que ser extremadamente cuidadoso. **Nunca hay que abrir la válvula del depósito rápidamente.** Siempre debe hacerse muy despacio y dejar que las líneas vacías se llenen con líquido o gas muy lentamente, esto, más la extrema precaución en la puesta en marcha de los compresores, prevendrá los peligrosos golpes de líquido.

Para tener una explosión de amoníaco, se deberá tener una línea rota donde se pueda escapar rápidamente una gran cantidad del mismo, esto sucede generalmente en una líneas de descarga o en una línea grande de succión con presiones de 24 psig o más.

Con el amoníaco bombeado del cabezal del compresor, generalmente, se puede parar el compresor y cerrar las válvulas. Además, se podrán dirigir los vapores lejos de las líneas de drenaje de aceite rotas (por medio de ventiladores), filtraciones en los flanges por rotura de empaques, prensa estopa grandes y cualquier pérdida de menor magnitud. Una rotura deberá ser mayor que cualquiera de éstas para provocar una explosión y además tendrá que haber una chispa o llama abierta para provocarla.

En el caso que ocurriera una gran pérdida de amoníaco, se deberán realizar los siguientes pasos, de una forma urgente:

- Despeje la sala de máquinas.
- Bloquee los controles de tal manera que los compresores que estén funcionando se detengan.
- Despeje el área del personal no Indispensable.
- Si usted puede eliminar chispas o una llama abierta en forma suficientemente rápida. Desde un lugar seguro en el exterior del edificio de la planta, posiblemente se evitaría una explosión.

Si es posible salir de la sala de máquinas por cualquier circunstancia, alejarse, tanto como le sea posible de la filtración, tiéndase en el piso y cubrirse la cara de la mejor forma posible, las explosiones tienden a ser hacia arriba.

El lugar más seguro para cortar la energía eléctrica a los compresores, es el interruptor principal de entrada de energía, ya que existe peligro de un gran arco al desconectarlo. Esto por fuerza, sería efectuado por la compañía de servicio eléctrico correspondiente, y tendrá que ser efectuado tan rápidamente como sea posible.

¿Qué daño puede haber si se dejan las máquinas funcionando?

Si la rotura es del lado de descarga, se vaciará solamente el evaporador, ya que la mayoría de los condensadores están en el exterior, y se podrán cerrar rápidamente las válvulas del condensador y del depósito de refrigerante. Con roturas en la línea de succión, cuando la presión se aproxime a 0 psi, generalmente se puede entrar a la sala de máquinas con una máscara adecuada. Para cerrar las válvulas de alimentación hacia los evaporadores, no cerrar ninguna válvula en el condensador, solamente la salida principal del líquido en el depósito de refrigerante (Recolector).

El compresor aspirará aire antes que se pueda cerrar las válvulas en forma rápida y las válvulas de seguridad pueden funcionar. Es extremadamente importante dejar las válvulas de entrada al condensador abiertas para que éstas trabajen en forma correcta. Siempre se estará comprimiendo gas hacia el condensador. Coloque en la válvula de seguridad, un niple corto y llenarlo con aceite para evitar la corrosión. Es aconsejable tener válvulas de tamaño adecuado en la torre de enfriamiento de agua para dejar salir la presión.

En caso de explosión, mientras más rígido es el edificio de la planta, mayor será el daño, las ventanas serán empujadas hacia fuera y las paredes débiles en la sala de máquinas, se caerían en el caso de que los sectores abiertos no sean suficientes para soltar o evacuar la presión rápidamente.

Las nuevas salas de máquinas tendrán un máximo de ventilación, y se usarán cubiertas metálicas delgadas, y una construcción ligera, de ser posible la sala de máquinas no deberá ser parte del edificio principal.

El amoníaco es barato en comparación con cualquier daño físico o a la pérdida de vida que pueda sufrir una persona y todos los encargados. Tanto de la operación de los equipos como del mantenimiento, deberán conocer los procedimientos más seguros que se tienen que seguir en caso de grandes pérdidas de Amoníaco en las líneas del sistema.

4.12 Protección de la planta con sistemas de amoníaco

Es más probable que ocurran daños al personal de planta por la toxicidad del amoníaco que un incendio o explosión, acostumbrarse a su olor, contribuye a ignorar el peligro que existe a una exposición prolongada de concentraciones sustanciales del vapor, el amoníaco es más tóxico que cualquiera de los refrigerantes comunes, una comparación de las concentraciones letales y tiempo de exposición. Los efectos fisiológicos de respirar diversas concentraciones de vapor de Amoníaco son indicados en la tabla VI y tabla VII.

La observación de estas prácticas significaría un gran paso en la eliminación de las catástrofes en las plantas de refrigeración, La diferencia entre una concentración fatal y la mínima cantidad que puede ser detectada por el olfato puede ser visualizada suponiendo un espacio cúbico de 254 cm. De arista, el cual contiene un millón de pulgadas cúbicas, representaría la cantidad de Amoníaco que puede ser detectada por el olfato, un cubo de 43.5 cm. De arista con 5,000 pulgadas cúbicas representaría la cantidad de Amoníaco que podrá quitarle la vida a un hombre al ser expuesto por un corto tiempo.

Tabla VI Toxicidad de los refrigerantes

Refrigerante	Duración a la exposición	Concentración Letal % de volumen en el Aire
Amoníaco	30 minutos	0.5%
Freón 11	120 minutos	10.0 %
Freón 12	30 minutos	10.2 %
Freón 22	120 minutos	28.5 %
Anhídrido Carbónico	30 minutos	29.0 %

Fuente manual de Vilter

Tabla VII Efectos al respirar amoníaco

Respuesta fisiológica	P.P.M. en volumen en el aire
Mínimo detectable por el olfato	53
Máximo Permisible a exposición prolongada	100
Máximo permisible de ½ a 1 hora	300-500
Irritación inmediata a la garganta	400
Irritación inmediata a los ojos	700
Tos	1720
Peligroso 1/2 hora de exposición	2500 - 4500
Fatal corta exposición	5000 - 10000

Fuente manual de Vilter

CONCLUSIONES

1. Una razón de usar compresores de tornillo con amoníaco, es por la alta eficiencia que tiene a altas presiones de trabajo. También por su forma sencilla de operar, teniendo los conocimientos necesarios para su funcionamiento. Y por su bajo costo de mantenimiento.
2. Se debe tener un buen control en el nivel de refrigerante Amoníaco, para tener un buen funcionamiento de los compresores de tornillo.
3. Se debe de tener un **plan de procedimientos de emergencia** a seguir en caso de un accidente. una guía de las normas de seguridad que se deben conocer en el manejo del **amoníaco (NH₃)**. En ella se debe explicar qué hacer en caso de un accidente, el equipo de protección que se debe utilizar en caso de fuga de amoníaco y algunas medidas de seguridad que se deben seguir en el uso del mismo.

RECOMENDACIONES

1. Se debe de tener un **plan de procedimientos de emergencia** a seguir en caso de un accidente con **amoníaco**, capacitar al personal de operación de los equipos de refrigeración en las líneas de producción y el cuarto de compresores y proporcionarles una guía de las normas de seguridad que se deben conocer en el manejo del **amoníaco (NH₃)**. En ella se debe explicar qué hacer en caso de un accidente, el equipo de protección a utilizar en caso de fuga de amoníaco, el uso de respiradores, en el caso de quemaduras por salpicadura de amoníaco líquido y algunas medidas de seguridad que se deben seguir en el manejo del mismo.
2. Instruir al personal de operación del cuarto de compresores, acerca de la reparación en los compresores de tornillo deben remover la protección del acople del motor con el compresor y luego de la reparación deben volver a colocar dicha protección para evitar accidentes en los mismos, así como los protectores que tienen los motores de control de capacidad y los motores de control de volumen, para evitar que les entre agua procedente de la condensación de la tubería de succión del sistema.
3. Apegarse a las hojas de control de los compresores, llevar una bitácora en la cual se anote las lecturas de presión y temperatura de los compresores de tornillo.
4. Seguir al pie de la letra la guía para hacer el mantenimiento respectivo en los compresores de tornillo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Del Valle Alburez, Mario Estuardo. Tesis Ampliación del Sistema de Refrigeración por amoníaco en la Embotelladora del Pacífico, S.A., Junio de 1999.
2. Galindo Arana, Amílcar René. Tesis Descripción y Análisis de equipos y refrigerantes usados en Refrigeración Industrial. Abril de 2002.
3. Vilter Manual de Instrucciones Winsconsin, Estados Unidos. Editado por Vilter Ammonia School 1986.
4. Vilter Manual de Instrucciones para Compresores Vilter. Boletín 440 – 5 , Wisconsin, Estados Unidos. Editado por Vilter, 1986.
5. Página de Vilter en Internet.
www.vilter.com
6. Manual bajado de Internet sobre Compresores de Tornillo VSS.
www.vilter.com
7. Hojas sueltas varias en los manuales del taller de la Empresa.

ANEXO

Fallas del compresor de tornillo

Seguridad de Setpoints

Una de las posibles fallas se puede dar por los siguientes setpoint de seguridad:

1. Presión de aceite

El cutout de la presión diferencial de aceite, detiene la unidad del compresor cuando hay una diferencia insuficiente en la presión entre el aceite del múltiple y la succión. La presión de aceite en el compresor de tornillo de amoníaco debe estar en el rango de: 140 psi. – 150 psi.

2. Presión de la descarga

El cutout de presión de descarga, detiene la unidad del compresor, cuando la presión de la descarga en el separador de aceite excede el setpoint. La presión de descarga en compresores de tornillo de amoníaco debe estar en el rango de: 150 psi – 200 psi.

3. Presión de la succión

El cutout de presión de succión, detiene la unidad del compresor cuando las caídas de presión de succión debajo del setpoint. La presión de succión en compresores de tornillo de amoníaco debe estar en el rango de: 35 psi--50 psi.

4. Diferencial de Filtro de aceite

El cutout de la presión diferencial en el filtro de aceite, detiene la unidad del compresor cuando la diferencia entre la salida y la entrada del filtro excede el setpoint.

La presión de aceite en la entrada y en la salida del filtro de aceite no debe tener una diferencia de más de 10 Psi. de presión; si esto ocurre el compresor se detiene por causa que el filtro esta saturado. La diferencia de presión en la entrada y salida del filtro debe estar entre 3 a 4 Psi.

5. Temperatura de aceite

El cutout de temperatura de aceite, detiene la unidad del compresor cuando la temperatura de aceite es demasiado alta o demasiado baja. La temperatura de aceite en compresor de tornillo de amoníaco debe estar en el rango de: 100°F – 140°F.

6. Temperatura de la descarga

El cutout de temperatura de descarga, detiene la unidad del compresor cuando la temperatura de la descarga excede el setpoint. La temperatura de descarga en compresores de tornillo de amoníaco debe estar en el rango de: 150°F – 190°F

7. Temperatura de Succión

El cutout de temperatura de succión, detiene la unidad del compresor cuando la temperatura de succión excede el setpoint. La temperatura de succión en compresores de tornillo de amoníaco debe estar en el rango de: 25°F – 50°F

El compresor de tornillo se detiene por: Temperatura del aceite muy baja o muy alta.

	Temperatura	Alarm	Trip	Reset
Min	90 °F	baja	95 °F	90 °F
Se detiene	alta	140 °F	145 °F	135 °F
Max	145 °F			

- Si se tiene una temperatura de aceite menor de 90°F, el compresor se detiene por falta de temperatura en el aceite.
- Si se tiene una temperatura de aceite mayor de 145°F, el compresor se detiene por exceso de temperatura en el aceite.
- Bajo nivel de amoníaco en el sistema, como el compresor se enfría con amoníaco líquido; la temperatura del aceite en el compresor aumenta y se detiene.

Cuando la presión de succión disminuye:

		Presión	Alarm	Trip	Reset
Min	10 Psi.	Baja	3 Psi.	4 Psi.	2 Psi.
	Se detiene	alta	más de 60 Psi. Esta trabajando forzado		
Max	+ 60 Psi.				

- El amoníaco contaminado con jarabe; al ser introducido en el compresor; al enfriarse o calentarse se vuelve sólido y rompe los sellos del compresor, e incluso el tornillo principal y las estrellas laterales.

Cuando se encuentra encendido el compresor de tornillo Vilter, en la pantalla del microprocesador aparece lo siguiente

MODE: Local "Run": Auto Cap, Auto V.R.

SUCT	DSCH	OIL	MNFLD	%CAP	V.R.	AMPS	SP
29	171	153	182	104	3.0	0A	1
29 °F	116 °F	107 °F					

Microprocesador

El compresor de Tornillo está equipado con arranque automático a distancia, la unidad de compresor de tornillo tiene seguridad controlada para protegerlo de las condiciones de operación irregulares, un arranque automático, un sistema de control de capacidad y porcentaje de volumen. Verifique los controles de presión, para asegurar que toda la seguridad y controles límites de funcionamiento estén en el punto indicado en el microprocesador. El transductor de presión de descarga no puede aislarse de su fuente de presión, así que está provisto con una sólo. revise los transductores periódicamente para cualquier tendencia de calibración.

- **Arranque, parada y reinicio del compresor**

Antes de arrancar la unidad del compresor de tornillo, deben reunirse ciertas condiciones. Todos los Setpoints de la seguridad deben estar en condición normal, y la presión de la succión debe ser anterior al setpoint de presión de succión bajo para asegurar que una carga está presente. Cuando el "Encendido - apagado" interruptor, o "Manual - Auto" el botón se aprieta, la bomba de aceite arrancará. - Cuando la presión de aceite se construye hacia arriba y el mando de capacidad de compresor y volumen de proporción y las válvulas de deslizamiento están a 10%, y la unidad del compresor arrancará.

Si el compresor está en el modo automático, cargará ahora y descargará y variará la proporción de volumen en respuesta a las demandas del sistema. La unidad del compresor puede detenerse de varias maneras. Cualquiera del setpoints de seguridad detendrá la unidad del compresor si una salida de operación es anormal.

La unidad del compresor "Encendido - Apagado" detiene el botón cumplirá la unidad del compresor apagado como voluntad el setpoint de presión bajo. Si cualquiera de estas vueltas de las condiciones la unidad del compresor apagado, los motores de la válvula de deslizamiento dará energía para manejar las válvulas del deslizamiento atrás al 100 % al límite inmediatamente. Los motores del mando se desactivarán cuando los movimientos de válvula de deslizamiento respectivos estén debajo de 10%.

Si hay un fallo de energía, la unidad del compresor se detendrá, si la salida manual en la opción de fallo de poder se selecciona, reiniciando de esta condición se empuja el botón restablecido para asegurar el control de operación positivo. Si arranca automáticamente en opción de fallo de poder, si se selecciona la unidad del compresor, se pondrá en marcha después de un período de espera con ambas opciones, las válvulas de deslizamiento de compresor deben volver debajo su respectivo 10%.

- **Mando de Válvula de deslizamiento**

La capacidad y mando de proporción de volumen del compresor del tornillo son logrados por el movimiento de las válvulas del deslizamiento respectivas, actuado por motores eléctricos. La capacidad y motores de mando de volumen están provistos con un freno, si es necesario operar manualmente los motores del mando del freno, debe librarse. El freno puede ser librado empujando en el eje del motor en el extremo del cono. El eje debe centrarse en su camino. No use fuerza manual excesiva, ya que el motor puede resultar dañado.

Tabla VIII. Mando de capacidad

Compresor	Rotación de eje de orden				
	Capacidad		Volumen		Proporción
Modelo Número	Inc	Dec	Inc	Dec	
VSR-111	CW	CCW	CW	CCW	
VSR-151	CW	CCW	CW	CCW	
VSR-221	CW	CCW	CW	CCW	
VSR-301	CW	CCW	CW	CCW	
VS8-451	CW	CCW	CW	CCW	
VSS-601	CW	CCW	CW	CCW	
VSS-751	CCW	CW	CCW	CW	
VSS-901	CCW	CW	CCW	CW	
VSS-1051	CCW	CW	CCW	CW	
VSS-1201	CCW	CW	CCW	CW	
VSS-1501	CCW	CW	CCW	CW	
VSS-1801	CCW	CW	CCW	CW	

Cuando vea en el compresor en el extremo de la descarga (opuesto el extremo del mando) el motor superior es para el mando de capacidad, el eje del orden se vuelve (vea Tabla VIII) para disminuir la capacidad a 10%, y marcha atrás para aumentar la capacidad a 100%. El motor izquierdo más bajo es para el mando de proporción de volumen. Los giros de eje de orden (vea Tabla VIII) para reducir la proporción de volumen a 2.0, y marcha atrás para aumentar la Proporción de Volumen a 5.0. La actuación de los motores eléctricos puede hacerse manualmente o automáticamente. Para que actúen los motores manualmente, ponga el seleccionador del modo deseado en la posición manual y empuje el aumento manual o botones de disminución. En el modo automático el microprocesador determina la dirección para actuar los motores eléctricos. En el modo automático, hay, sin embargo, un "Encendido" y "Apagado" tiempo para el motor de mando de capacidad. El "Encendido" es el tiempo en el que la válvula del deslizamiento se mueve, y el "Apagado" es el tiempo en el que el sistema se permite estabilizar, antes de otro cambio en posición de válvula de deslizamiento.

El límite de carga de amperios del motor, protege al compresor de cargar excesivamente, disminuyendo la capacidad del compresor si el amperaje de motor está en el setpoint de amperios de máximo, o previniendo un aumento en capacidad si el amperaje de motor es anterior al setpoint de amperios de carga total.

Válvula Puestas

- La válvula de stop/check de succión se diseña para operar como una válvula de la parada (manual abra o cierre) o una válvula de cheque. La válvula normalmente se posiciona en el modo automático durante el funcionamiento de la unidad. Por favor refiérase a la etiqueta en la válvula ponerlo en la posición automática.
- La válvula debe estar normalmente abierta un $\frac{1}{4}$ de vuelta durante el funcionamiento. La válvula permite a la unidad igualar lentamente la presión lateral baja durante el período apagados.
- La válvula de stop/check de descarga se diseña para operar como una válvula de la parada (manual abra o cierre) una válvula del cheque. La válvula normalmente se posiciona en el modo automático durante el funcionamiento de la unidad. Por favor refiérase a la etiqueta en la válvula ponerlo en la posición automática.
- Manualmente abra la válvula de aceite que separa al aceite en el separador en la conexión de salida.
- Abra las válvulas aislando antes y después de los albergues de filtro de aceite.
- En los paquetes con una bomba de aceite de tiempo completa, asegúrese que el eje de la válvula que regula el aceite abre manualmente y que esta en la posición de automático.

Aceite separador

- Manualmente abra la válvula de parada en la línea de purga de aceite del retorno de la sección del elemento y abra la válvula de expansión 1/3 de una vuelta.

Nota

La intención de purgar aceite en el montaje del retorno, es recoger cualquier aceite que atraviesa y separa al elemento y retorna el aceite al compresor. La válvula de expansión manual debe ajustarse para impedir a un nivel de aceite bajo en el vidrio, se ve cuando el compresor está en el 100% de la capacidad. Generalmente 1/3 a 1 vuelta abierto es satisfactorio.

- Un segundo aceite se purga, en la válvula del retorno y se localiza en la sección del separador de aceite. Esta válvula debe abrirse 1/2 vuelta para que el aceite regrese al compresor.

CARGA DEL REFRIGERANTE EN EL SISTEMA

Precaución

Cuando cargue el sistema debe cuidar que la unidad del compresor debe presurizarse del lado de la descarga del compresor.

Presurizando el compresor del lado de la succión pueden causar la rotación del compresor, sin suministro de aceite que podría llevar a daño interior. Después de que el sistema ha quedado libre de fugas y se ha hecho debidamente el vacío, estará listo para ser cargado. Antes de efectuar la carga, debe verificarse el funcionamiento de todo el sistema de refrigeración, de la siguiente manera:

A. Equipo del lado de baja presión

- La situación y el montaje adecuados del bulbo de la válvula termostática de expansión, en la tubería de succión.
- El sentido de rotación apropiado del ventilador y la bomba.
- Los reguladores de presión del evaporador y las válvulas de solenoide, abiertos.
- Las bombas de agua y los motores correctamente alineados.
- Las bandas correctamente alineadas y con tensión apropiada.
- Los voltajes que van a los motores, correctos.

B. Compresores

- Nivel correcto del aceite.
- Voltaje de acuerdo con las características del motor.
- Fusibles y elementos térmicos del motor de tamaño adecuado.
- Todas las válvulas de succión y descarga abiertas.
- Todos los manómetros, Transductores de AII y RTD deben estar calibrados y funcionando correctamente.

C. Condensadores.

- Agua disponible para el enfriamiento de los condensadores y la válvula de alimentación abierta.
- Agua en el recipiente del condensador de evaporación y reposición de agua, disponibles.
- Sentido de rotación del ventilador y bomba, correctos.
- Las bandas alineadas y con la tensión correcta.
- La bomba, el ventilador y los motores, lubricados.

D. Controles

Los mandos deben estar en los puntos fijos iniciales. Vea manual del microprocesador para información extensa.

- Ajuste correcto de los controles.

Existen dos métodos de cargar el refrigerante en el sistema, ya sea por el "lado de alta presión" o por el "lado de baja presión". La carga por el lado de alta presión se usa para la carga inicial, porque se llena el sistema con mayor rapidez. La carga por el lado de baja presión, por lo general se usa para agregar pequeñas cantidades de refrigerante después de que el sistema ha comenzado a funcionar.

E. Carga inicial - carga lado de alta

La carga de refrigerante en el lado de alta presión del sistema, se logra como sigue:

- Conéctese un tambor lleno de refrigerante a la válvula de carga de líquido. (Esta válvula está situada generalmente en la línea del líquido a la salida del recipiente). Conéctese la línea de carga de manera que quede bien apretada al tambor y un tanto floja a la válvula de carga. Abrase un poco la válvula del tambor hasta que escape el refrigerante por las conexiones de carga. Cierre la válvula y apriétese la conexión de la válvula de carga. Estas operaciones sirven para extraer el aire de la línea de carga.
- Inviértase el tambor del refrigerante, si es que el tambor no está equipado con válvulas diferentes para vapor y líquido, y colóquelo en tal posición que solamente pueda entrar refrigerante en el sistema. Cierre la válvula de la línea de líquido o válvula principal. Abrase lentamente la válvula de carga de líquido para que el refrigerante entre al sistema.

El vacío en el sistema hará entrar el refrigerante. Es importante que durante esta operación las unidades que hacen circular el aire estén trabajando y que el agua circule por los enfriadores.

La presión baja en el sistema puede dar lugar a que el refrigerante hierva a baja temperatura y posiblemente si no se la conserva circulando, a que el agua se congele. La congelación del agua en un enfriador puede romper los tubos y causar un daño grave al sistema. Sería deseable cargar la cantidad inicial de refrigerante sin agua en la camisa y tuberías para evitar la posibilidad de congelación.

- Después de que parte del refrigerante ha entrado al sistema, se puede echar a andar el compresor con mucho cuidado. Es importante que al compresor se le permita ir tomando la carga gradualmente y que sólo se lo deje funcionar por unos cuantos minutos a la vez. Durante estos períodos de operación intermitente, el operador debe verificar las presiones del aceite y el calentamiento en los cojinetes.

Entre los períodos de funcionamiento, permítase que el compresor se enfríe. Los períodos de funcionamiento pueden irse aumentando gradualmente hasta que el operador tenga 'certeza de que ninguna parte movable se calienta en exceso. Entonces puede dejarse funcionar automáticamente al compresor.

Advertencia

Téngase cuidado de que el refrigerante líquido no retroceda e inunde el compresor. Este retroceso del líquido puede causar daño considerable al compresor.

- Continúese la carga de refrigerante hasta que los requisitos para el funcionamiento adecuado queden satisfechos. Luego, ciérrense las conexiones de la carga de líquido y ábrase la válvula de la tubería de líquido para permitir que el sistema trabaje normalmente.

- Para verificar que se ha agregado bastante refrigerante, el vidrio visor del líquido no debe mostrar ninguna burbuja, y deberá haber suficiente líquido en el recipiente. Si estas dos condiciones no quedan satisfechas, debe agregarse más refrigerante.
- Cuando se ha cargado bastante refrigerante en el sistema, ciérrase la válvula de carga y la del tambor. Luego quítese el tambor del sistema.
- Durante el período de carga, obsérvese el manómetro cuidadosamente para evitar dificultades de funcionamiento. Obsérvese asimismo las presiones de descarga para ver si los condensadores están trabajando bien. Puesto que por lo general es necesario usar más de un tambor cuando se carga el sistema, procédase de la manera indicada en los párrafos 1 y 2 de las instrucciones anteriores cuando se conecte un nuevo tambor. Después de efectuar la carga, los tambores de refrigerante deben guardarse en un lugar cerca por algunos días, puesto que a veces es necesario agregar más refrigerante a medida de que el líquido en el sistema se "asiente."

Carga por el "lado de baja presión" Cómo añadir el refrigerante al sistema de funcionamiento

La carga por el lado de baja presión debe realizarse en los sistemas pequeños solo cuando se agregan pequeñas cantidades de refrigerante. Es distinta la manera cuando se carga por el lado de alta presión que cuando se carga por el lado de baja presión.

En el primer caso el refrigerante se añade en forma líquida, mientras que en el lado de baja presión el refrigerante entra como gas. En consecuencia, este método es relativamente lento. Para cargar refrigerante en el lado de baja presión, procédase como sigue:

- Manténgase el tambor de refrigerante hacia arriba, en posición vertical.

Ciérrese la válvula del manómetro de succión y quítese el tubo conectado a la válvula de succión. Conéctese una "T" a la válvula y procedas a conectar el manómetro a esa "T". Conéctese el tubo de carga de manera que quede bien apretado a la válvula del tambor y de manera que quede flojo a la "T". Abrase un poco la válvula del tambor hasta que la línea quede purgada con el refrigerante y éste escape por la conexión floja. Esto sirve para extraer el aire de la tubería de carga. Luego apriétense las conexiones a la "T".

- Para cargar el gas en el compresor, la válvula de succión debe ser regulada para obtener una presión más baja en la máquina. Si el tambor está equipado con válvulas distintas para vapor y líquido, abra la válvula de vapor.

Luego ábrase la válvula del manómetro y el refrigerante saldrá del tambor y pasará al compresor. Si el tambor se enfría demasiado, hasta el punto de evitar que el gas hierva y salga rápidamente debe calentarse el tambor. Colóquese el tambor en una tina de agua caliente que no pase de 125°F (51 °C) o envuélvase con una tela de cáñamo (harpillera) y póngase agua caliente en dicho tambor. Jamás debe aplicarse directamente al tambor una flama o vapor, puesto que esto puede producir presiones peligrosas en el tambor.

- Obsérvese el vidrio visor durante la carga. Cuando cesen las burbujas, ciérrese la válvula del tambor. Luego ciérrese la válvula del manómetro, ábrase la válvula de succión y hágase funcionar el sistema en la forma acostumbrada. Quítese el tambor de refrigerante y colóquese de nuevo el manómetro en su posición normal.