

PROCEDIMIENTOS DE LIMPIEZA DESPUES DE LA QUEMADURA DEL MOTOCOMPRESOR

Introducción	123	Métodos de Limpieza	128
¿Ha Ocurrido una Quemadura?	123	Método de Lavado con R-11	128
Tipo y Grado de Quemadura	123	Método con Filtros Deshidratadores de Piedra	129
Causas de la Quemadura	125	Sistemas Pequeños	129
Productos de la Quemadura	126	Quemaduras Leves	130
Aceite y Refrigerante como Limpiadores	127	Quemaduras Severas	131
El Refrigerante puede Salvase	128	Método de Alto Vacío	133
		Método de Triple Evacuación	133

Introducción

Uno de los problemas más difíciles a los que se enfrenta un técnico de servicio en la actualidad es, cómo limpiar un sistema de refrigeración después que ha ocurrido una quemadura del motocompresor (compresor hermético o semihermético). En este capítulo, se mencionan los diferentes métodos empleados para los diversos tamaños de equipos, y se describe el método más práctico, seguro y económico, para asegurar un servicio prolongado y confiable, sin que se vuelva a repetir la quemadura.

Mucho se ha escrito sobre el tema de cómo limpiar un sistema de refrigeración, después que se ha quemado el motocompresor. La mayoría de estos escritos, se han hecho con fines comerciales, por compañías que venden productos utilizados en el proceso de limpieza.

La información aquí presentada, está libre de presiones externas. A pesar de esto, no se intenta establecer específicamente cómo se debe limpiar un sistema en particular. En lugar de esto, presentaremos las posibles causas, problemas relacionados, hechos, factores a considerar y posibles métodos de limpieza, con el fin de mejorar el criterio del técnico de servicio, para que decida cuál procedimiento utilizar.

El alcance de estos procedimientos se limita a motocompresores de desplazamiento positivo (reciprocantes y rotativos). Los sistemas con compresores centrífugos son altamente especializados, y deberán ser limpiados de acuerdo a las recomendaciones del fabricante.

¿Ha Ocurrido una Quemadura?

Antes de emitir el diagnóstico de que el motocompresor está quemado, se debe tener la plena seguridad de que efectivamente lo está. Sólo porque el motocompresor dejó de trabajar, no significa que está quemado. Puede suceder que se trate sólo de una falla eléctrica. Será necesario revisar todos los componentes y factores eléctricos, desde si hay energía eléctrica, la continuidad, el tablero de control, etc. Y aunque la mayoría de los técnicos saben esto, la experiencia de los fabricantes de motocompresores, indica que muchos motocompresores que les han sido devueltos como quemados, están en perfectas condiciones de operación, excepto por algún

componente eléctrico simple como un fusible, un relevador, un capacitor, etc...

Para revisar el voltaje adecuado, primero desconecte el interruptor principal para cortar la energía eléctrica. Quite los cables del compresor del lado del arrancador. Después, conecte el interruptor principal para energizar el circuito de control, y revise el voltaje en todas las líneas por ambos lados del arrancador.

Antes de revisar el motor del compresor, asegúrese que el compresor no esté caliente; de otra manera, se puede obtener una indicación errática, debido a que las protecciones internas están abiertas.

Revise el motor del compresor, para ver si eléctricamente está abierto o aterrizado. Para esta prueba, se puede usar un megaóhmetro de 500. Si no se encuentra ninguna falla y si se conocen los valores normales de la resistencia del devanado, se deberá revisar la resistencia del motor con un óhmetro de precisión, para determinar si existen cortos circuitos entre vuelta y vuelta. La resistencia del devanado variará 2.25% por cada 5°C de diferencia, desde los 25°C a los cuales se publican generalmente los valores.

Antes de asumir que el motocompresor está dañado, deberá investigarse la posibilidad de que existe un circuito abierto o aterrizado en los cables exteriores, desde el arrancador hasta el compresor, en las terminales del compresor o en los cables internos del estator.

Si se llevan a cabo todas la pruebas eléctricas recomendadas por el fabricante del equipo, se localizará el punto exacto del problema. Si la falla se debe a un defecto de alguno de los componentes eléctricos, el problema se corregirá reemplazando una parte relativamente barata, en lugar de todo el compresor.

Tipo y Grado de Quemadura

Antes de mencionar los diferentes tipos y grados de quemaduras, conviene conocer las diferentes clases de motocompresores.

Existen tres tipos básicos de motocompresores:

- * Herméticos (sellados).
- * Semiherméticos de motor no reemplazable.
- * Semiherméticos de motor reemplazable.

El procedimiento de limpieza varía en detalle para estos tres tipos. A continuación, se da una breve descripción de cada uno de estos motocompresores:

Herméticos. Como el nombre lo indica, todo el ensamble está soldado, no atornillado; por lo que cuando ocurre una quemadura, es imperativo cambiar el motocompresor completo. Esto hace imposible inspeccionar el devanado del motor para determinar las causas y tipo de quemadura. La única manera de juzgar la severidad de la quemadura, es liberar una pequeña cantidad de gas del compresor y olerla. También deberá revisarse una muestra del aceite en lo que se refiere al color y contenido de ácido; si el aceite está limpio y claro, y el olor a quemado es ligero, la quemadura es leve. Si el aceite está oscuro o negro, con un fuerte olor a quemado, la quemadura es severa.

Los compresores herméticos están generalmente limitados a los sistemas pequeños, y en muchos casos no tienen válvulas de servicio, ni válvulas para drenar el aceite.

Semiherméticos de motor no reemplazable. Esto significa que en el caso de una quemadura, deberá cambiarse la unidad completa. Sin embargo, tiene una ventaja con relación a los herméticos: que se les puede quitar la tapa acampanada del lado del motor para inspeccionar el devanado, y determinar las causas y tipo de quemadura.

Los tamaños de estos motocompresores son generalmente menores a 20 HP, y todos cuentan con válvulas de servicio.

Semiherméticos de motor reemplazable. Esto significa que en caso de una quemadura, aunque se puede reemplazar todo el motocompresor, la práctica normal y la recomendación del fabricante es cambiar solamente el motor y limpiar mecánicamente el compresor.

En este tipo de motocompresores es muy sencillo determinar el tipo de quemadura, procediendo de la misma manera con el olor y una muestra de aceite. Los tamaños de estos motocompresores van de 20 HP en adelante.

NOTA: Es importante mencionar en cuanto a toma de muestras de aceite se refiere, las precauciones que se deben tener. Cuando se quema un motocompresor, es sorprendente la cantidad de ácido que se puede formar. Dependiendo de la severidad de la quemadura, se puede producir ácido clorhídrico (HCl) y ácido fluorhídrico (HF). Ambos son muy corrosivos con los metales y atacan el barniz aislante del motor, y además pueden hacer lo mismo con la piel, los ojos, la ropa, etc. Si se toca el aceite pueden resultar graves quemaduras. Si es necesario entrar en contacto con el aceite o con las partes contaminadas, se recomienda usar guantes de hule y si es posible, también lentes de seguridad.

Es posible clasificar las quemaduras por el tipo de contaminantes que producen. Las quemaduras pueden ser desde muy leves, hasta muy severas, y el "grado de severidad" puede usarse como una guía para determinar qué procedimiento de limpieza se va a seguir.

En quemaduras leves, el aceite del compresor puede variar de claro a oscuro, como se muestra en la figura 11.1. El color oscuro se debe principalmente a pequeñísimas partículas de carbón suspendidas. Cabe mencionar que un aceite sucio, no necesariamente contiene ácido; sin embargo, el aceite que contiene ácido casi siempre está sucio. Así que, si se cambia el aceite cuando está sucio, esto es una buena medida de seguridad.

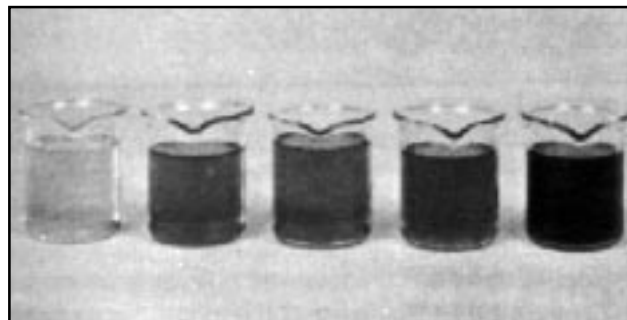


Figura 11.1 - Muestras de aceite tomadas de motocompresores con quemaduras leves.

Una manera práctica para saber si el contenido de ácido en el aceite es peligroso, es introducir la esquina de una franela roja y seca, la cual se decolorará hasta ponerse blanca, cuando el contenido de ácido es alto. Pero el mejor método para determinar la severidad de la quemadura, es analizar una pequeña muestra de aceite con un "probador de acidez". Estos productos son comerciales y se consiguen con los distribuidores de refrigeración. Están calibrados para cambiar de color cuando el número ácido es mayor de 0.05; lo que para un sistema de refrigeración se considera dañino. Cuando el contenido de ácido es mayor de 0.05, la quemadura se considera severa.

Más adelante se explicará por qué se analiza el contenido de ácido en una muestra de aceite.

Además del contenido de ácido en el aceite, otras indicaciones de la severidad de la quemadura son el olor del gas refrigerante, el cual es característico y muy fuerte cuando la quemadura es severa. También, si se encuentran depósitos de carbón al inspeccionar los filtros deshidratadores de las líneas de líquido y succión, puede considerarse la quemadura como severa.

Por la forma en que se manifiesta la quemadura en el motor del compresor, hay dos tipos principales de quemaduras, cada uno fácilmente reconocible, y cada uno con sus propias causas específicas. Los dos tipos de quemadura son:

- "Quemaduras parciales"
- "Quemaduras completas"

En la figura 11.2, se muestra un ejemplo de lo que es una quemadura parcial. Nótese que la carbonización está confinada a una área relativamente pequeña, y el resto del devanado aparenta estar brillante y limpio.

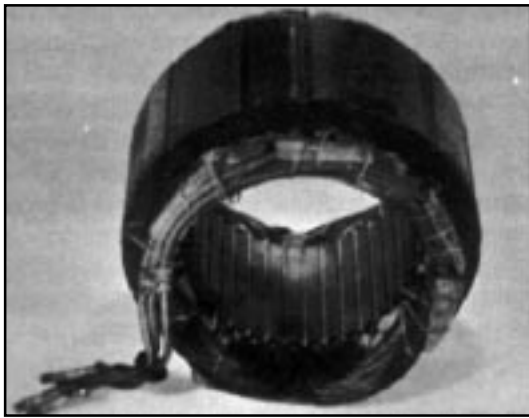


Figura 11.2 - Motor de un compresor semihermético que sufrió una quemadura parcial.

Este motor es de un compresor semihermético del tipo desarmable, en los que se puede quitar la tapa con uno de los extremos para inspeccionar el devanado.

Si se toma una muestra de aceite y se revisa su color, probando luego el contenido de ácido con un probador de acidez, este tipo de quemadura sólo tendrá un ligero olor a quemado, con poca o ninguna decoloración del aceite y deberá pasar la prueba de acidez.

En la figura 11.3, se muestra un motor que sufrió una quemadura completa, donde prácticamente todo el devanado está carbonizado. Nótese que en la parte baja del devanado, la cual estaba sumergida en aceite, no está decolorada. El aceite enfrió esta porción y evitó que se carbonizara.

Una muestra de aceite de este compresor, al revisarla, revelará un fuerte olor a quemado y una gran decoloración. Al efectuar la prueba de acidez, el contenido de ácido será mayor de 0.05

En quemaduras severas, se forma también lodo, el cual alcanza a llegar a los serpentines y a la tubería. Con frecuencia, el aceite carbonizado se presenta como un polvo negro, seco y ligero; parecido al hollín, que se esparce por todo el sistema. En casos muy severos, el



Figura 11.3 - Motor de un compresor semihermético que sufrió una quemadura completa.

aceite carbonizado se endurece y adhiere a las paredes del sistema, de manera similar a como sucede con las cabezas de un motor de automóvil. Este tipo de quemadura, ocurre generalmente en equipos grandes, y debe ser limpiado de una manera similar a como se hace en los motores de automóvil; esto es, por medios mecánicos tallando o con abrasivos.

Causas de la Quemadura

Una vez establecido el hecho de que realmente ocurrió una quemadura, antes de reemplazar el motocompresor quemado, se debe hacer todo un esfuerzo para determinar la causa de la quemadura, analizarla y corregirla. Ciertamente, lo que menos se desea es que se repita la quemadura, después de algunos días o algunas horas de haber cambiado el motocompresor.

Cualquiera que haya sido la causa de la quemadura, el motocompresor sufrió un sobrecalentamiento, lo que condujo finalmente a un "corto circuito eléctrico" dentro del motocompresor.

En primer lugar, una quemadura parcial puede ocurrir por tres causas: defecto en el aislamiento, daños por raspaduras y daño a causa de la instalación.

El defecto en el aislamiento del alambre del estator, generalmente, se debe a la falta de uniformidad en el barniz, lo que dejaría partes más delgadas causando un corto entre vuelta y vuelta. Este tipo de defecto puede ocurrir en el alambre ranurado o en las vueltas del devanado.

Cada vez que arranca el motor, el empuje del rotor parado, tiende a realmente mover y flexionar las vueltas del devanado. Cuando la flexión es suficiente, el aislamiento tiende a desgastarse y ocasionar un corto.

En todo proceso donde interviene el elemento humano, existe la tendencia a cometerse errores ocasionalmente. Tal es el caso con los daños de instalación. Aún con cuidados extremos, un devanado de motor puede ser ligeramente raspado, al momento de instalarse en el compresor. Este daño puede no ser lo suficientemente serio, y el motor pasará la prueba de sobrevoltaje después del ensamble, pero sí puede acortar la vida del motor.

Aunque los defectos de aislamiento, daños por raspaduras y los daños de instalación son puntos débiles que se localizan en el devanado del motor, la falla final puede verse acelerada por los paros y arranques repetitivos, así como por arranques inundados del motocompresor.

Los paros y arranques continuos provocan flexión en las vueltas, aumentan la abrasión, y finalmente la falla. Los motores inundados con refrigerante líquido, al arrancar, tienen menos resistencia a tierra, pudiendo eso también acelerar la falla.

Una quemadura completa, es indicación de un sobrecalentamiento severo en todo el motor, hasta un punto donde el aislamiento no resiste y se rompe. Básicamente, hay

una sola causa para este tipo de quemadura, y esa es, una falla en el sistema de protección para desconectar al motor antes de que se sobrecaliente.

- a) Si la protección es interna, instalada de fábrica, debe revisarse si los contactos en el dispositivo de protección están "soldados", al igual que los contactores.
- b) Si la protección es externa, ver si el protector es de mayor tamaño o si el contactor está "soldado".
- c) Ya sea que los protectores sean internos o externos, asegúrese que no hayan sido "puenteados" o desactivados de alguna otra manera.

Debe evitarse restablecer constantemente los dispositivos de seguridad. No hay que restablecer los protectores de sobrecarga ni los termostatos, hasta que la unidad haya sido revisada adecuadamente, para encontrar la causa inicial por la que se dispararon.

Si se restablecen indiscriminadamente estos dispositivos, sin antes ver la causa, puede ocurrir que si hay una quemadura parcial, se convierta en quemadura total, lo que implicará un costo más alto de reparación y se requerirá más tiempo para la limpieza.

Antes de proceder a limpiar cualquier sistema, debe hacerse un esfuerzo para determinar las causas y corregirlas. Debe observarse más allá de los protectores térmicos y contactores, para encontrar lo que realmente causó la alta temperatura en el devanado del motor.

El calor excesivo es la causa principal de quemaduras en motocompresores. Aunque es en el compresor donde normalmente se tiene la temperatura más alta del sistema, ésta tiene un límite, y por eso se instalan diferentes dispositivos de seguridad. Algunas de las causas por las que aumenta la temperatura del motor arriba de la normal, y que pueden provocar una quemadura son:

1. Condensadores sucios, falta de ventilación y/o condensador de menor tamaño. Cualquiera de estas causas provocará que el sistema tenga una alta presión de descarga, con lo que se tendrá también una alta temperatura. La relación de compresión aumenta y el motor absorbe más corriente.
2. Sobrecalentamiento excesivo del gas de succión. Cuando la temperatura del gas refrigerante que llega al compresor es excesiva, aumenta la temperatura de descarga. Hay que recordar también, que muchos motocompresores se enfrían con el gas refrigerante de succión, y si éste viene con un sobrecalentamiento excesivo, el devanado del motor también se sobrecalentará.
3. Bajo voltaje. De acuerdo a la ley de Ohm, al disminuir el voltaje, aumenta el amperaje; por tal motivo, un motor con corriente excesiva se sobrecalentará.
4. Alto voltaje. Cuando la carga es ligera, la eficiencia del motor es pobre, al igual que el enfriamiento.
5. Falta de refrigerante. El devanado del motor se sobrecalentará al no haber suficiente vapor de refrigerante para enfriarlo.
6. Refrigerante equivocado. Si se cargó el sistema con

otro refrigerante que no es el adecuado, causará una excesiva sobrecarga del motor.

Quizá la segunda causa más importante de quemaduras, es la contaminación. Como se mencionó en el tema de contaminantes (ver capítulo 1), la estabilidad química de un sistema se ve grandemente afectada por la presencia de contaminantes, los cuales en combinación con la temperatura, descomponen químicamente el refrigerante y el aceite. Algunos de los principales contaminantes que conducen a problemas de quemaduras son:

1. Aire y humedad. Son los enemigos más ofensivos; pueden reaccionar con el refrigerante y el aceite, formando ácido y lodo, entre otros productos.
2. Suciedad y partículas metálicas. Causan doble problema; además de obstruir la válvula de termo expansión y alterar el ciclo de refrigeración, pueden causar rupturas en el aislamiento del devanado del motor al salir de la línea de succión y chocar contra el motor que está girando a alta velocidad. De esta manera se crean las condiciones que favorecen un corto circuito.
3. Fundentes. Son compuestos químicos altamente corrosivos, por lo que se deben usar con moderación.
4. Anticongelantes. Aún en pequeñas cantidades, pueden descomponer al aceite formando lodo.

La tercera causa, aunque la menos frecuente, son las fallas mecánicas del compresor. Existen algunas partes asociadas con el compresor, las cuales ocasionalmente fallan produciendo una quemadura. A continuación, se da una lista de piezas mecánicas que al fallar, pueden ocasionar problemas:

- Cojinetes.
- Válvulas.
- Partes desgastadas.
- Controles defectuosos.
- Falta de lubricación.

No muchas quemaduras pueden atribuirse realmente a fallas mecánicas de los compresores. El calor excesivo es la causa principal de quemaduras de motocompresores.

Productos de la Quemadura

Cuando se quema un motocompresor, no solamente se tiene que tratar con los contaminantes que ya había en el sistema, sino también con los producidos por la quemadura. La cantidad y tipo de contaminantes formados por la quemadura, dependen de la severidad de ésta. Los más serios son los siguientes:

- Humedad.
- Ácido.
- Carbón suave (hollín).
- Carbón duro.
- Barniz.

La humedad es un producto muy normal. Tal como se mencionó anteriormente, si no se remueve del sistema, puede causar más contaminantes.

El ácido clorhídrico y el ácido fluorhídrico se generan en una quemadura. Ambos son altamente corrosivos y el fluorhídrico, es el único ácido que ataca el vidrio. La presencia de estos ácidos en el sistema, causa corrosión en los metales y ataca el aislamiento del motor. Por lo tanto, para evitar que se repita la quemadura, el ácido deberá ser removido.

El carbón suave u hollín, es causado por la carbonización del aceite y el aislamiento. No se adhiere fuertemente a las superficies, por lo que se puede aflojar fácilmente y puede removerse por filtración.

El carbón duro y el barniz, son los contaminantes más persistentes de todos y los más difíciles de eliminar. Son causados por un proceso de carbonización a alta temperatura.

Un dato muy importante para el técnico, es saber si la quemadura ocurrió al arrancar el compresor o estando éste en operación. Esto influirá grandemente al determinar qué procedimiento de limpieza deberá seguirse. Si la quemadura ocurrió estando el motor parado, la mayor parte de los contaminantes estarán en el aceite, lo cual se explicará más adelante. Si la quemadura sucedió lentamente estando el motor en operación, entonces los contaminantes pasan del compresor a los demás componentes del sistema, haciendo más difícil la operación de limpieza.

Debido a la alta temperatura que prevalece en el compresor en el momento de la quemadura, la mayor parte del carbón, barniz y ácido se quedan en el compresor. Cuando se reemplaza el motocompresor completo, los contaminantes no representan un gran problema. Pero en compresores más grandes, donde sólo se cambia el motor, es un problema remover los depósitos de carbón y barniz. Aquí, la única solución es la limpieza manual.

El punto importante que hay que tener siempre en mente es éste: si no se hace una limpieza adecuada, la quemadura se vuelve a repetir. La experiencia en el campo ha demostrado que si sólo se cambia o se repara el motocompresor, y se dejan todos los contaminantes en el sistema, el nuevo compresor se quemará en un lapso no mayor a un año. Si la siguiente vez se procede igual, ocurrirá una tercera quemadura en menos de dos meses, una cuarta quemadura en dos semanas, y así sucesivamente. La razón es que si cada que se quema el motocompresor, no se limpia el sistema o la limpieza no es adecuada, la concentración de contaminantes va en aumento.

Aceite y Refrigerante como Limpiadores

No debe subestimarse la acción limpiadora del refrigerante y del aceite. La mayoría de los fabricantes de compresores conocen que la circulación normal del refrigerante y aceite en el sistema, "arrastra" todo material extraño, tal es el caso de la arena de fundición y fundente, de manera muy rápida. Por esta razón, prácticamente cada compresor está equipado con algún tipo de filtro de aceite.

Por ejemplo, un sistema de 3 toneladas circulará aproximadamente 250 kg de R-22 por hora, junto con 5 kg de aceite. Y aunque no se nota, un sistema de refrigeración mientras trabaja se autolimpia cada hora que opera.

Aun el barniz, que es difícil de remover y que esté depositado fuera del compresor, no es problema para el refrigerante y aceite. Con tres cosas a su favor, habilidad limpiadora, temperatura y tiempo, la mezcla de refrigerante y aceite disolverá y barrerá el barniz.

¿Qué sucede con todo el material extraño aflojado por el refrigerante y el aceite? ¿A dónde va y dónde se puede atrapar? Hay varios lugares donde puede atraparse, pero primero hablaremos del aceite en el cárter del compresor.

El aceite tiene una afinidad natural con los contaminantes. Los contaminantes tienden a colectarse en el aceite y éste tiende a absorber mucho más del ácido formado en una quemadura, que lo que absorbe el refrigerante. De hecho, más del 75% del ácido generado, será atrapado por el aceite del compresor y removido del sistema, cuando se cambie el compresor o la carga de aceite. El aceite retendrá como dos terceras partes de humedad de la que puede retener el R-22, y el carbón y barniz disueltos, tenderán a emigrar hacia el aceite.

De la misma manera que el aceite de un motor de automóvil, generalmente está negro y sucio, porque acarrea todos los contaminantes de la máquina, de hecho, se puede limpiar el motor de un automóvil cambiando frecuentemente el aceite. Esto mismo es cierto para el aceite en un sistema de refrigeración.

Puesto que el aceite es una trampa tan efectiva para los contaminantes, por lo tanto, también es un buen indicador de la contaminación en el sistema. Como se mencionó anteriormente, la mayor parte del ácido en un sistema se acumula en el aceite; así que, una prueba de acidez del aceite, dará una buena indicación de la contaminación del sistema.

En la figura 11.4, se muestra un producto comercial para efectuar la prueba de acidez en el aceite.

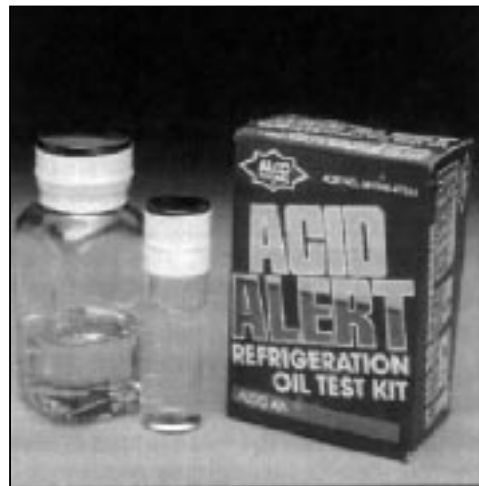


Figura 11.4 - Probador de acidez para aceites de refrigeración.

El Refrigerante puede Salvarse

Datos de trabajos reales efectuados en el campo, han probado que el refrigerante de un sistema que sufrió una quemadura del motocompresor, puede ser recuperado de una manera segura, sin importar la severidad de la quemadura. La cantidad de refrigerante en el sistema, es lo que va a determinar si se desecha o se recupera. En equipos pequeños con cargas menores de 5 kg., es probable que el cambio de aceite extra que se necesitaría hacer para salvar al refrigerante, sea más costoso que la misma carga de refrigerante, especialmente si se requiere mucha mano de obra.

Aunque en la actualidad, ya se dispone comercialmente de equipos compactos, para la recuperación y reciclado de refrigerantes halogenados, con los que se puede recuperar cualquier cantidad de cualquier tamaño de sistema. Estos equipos como el que se muestra en la figura 11.5, cada vez tienen más aplicación, no sólo por su bajo costo de operación, sino también por la participación que cada individuo puede tener en la conservación del medio ambiente, especialmente ahora, que está confirmado el hecho de que los refrigerantes clorofluorocarbonados (CFC) destruyen la capa de ozono en la atmósfera.



Figura 11.5 - Equipo para recircular y reciclar refrigerante.

En instalaciones grandes, no hay que dudar mucho de la conveniencia de recuperarlo. Hay muchos casos probados que demuestran, que reutilizar el refrigerante no es ningún riesgo, desde el punto de vista de que se pueda repetir la quemadura. Químicamente, al refrigerante no le pasa nada con la quemadura. Hay que recordar que el refrigerante retiene muy poco ácido, la mayor parte se va con el aceite que se desecha.

Métodos de Limpieza

Básicamente, existen dos métodos para limpiar un sistema donde se quemó el motocompresor. Estos son:

- Método de lavado con R-11.
- Método con filtros deshidratadores de piedra.

El método de lavado con R-11 es siempre el mismo, sin importar el tamaño o la severidad de la quemadura, si el

sistema contaba con filtros deshidratadores en el momento de la quemadura.

El procedimiento usado con el método de filtros deshidratadores, es algo diferente, si el sistema estaba equipado con un filtro en la línea de líquido en el momento de la quemadura, ya que esto simplifica el trabajo de limpieza.

El método de lavado con R-11, aunque es efectivo, en la actualidad es obsoleto, por dos principales razones: a) es costoso y tardado, b) el R-11 es uno de los refrigerantes con mayor potencial de deterioro del ozono, por lo que su producción está regulada hasta que desaparezca totalmente, antes del año 2000.

Método de Lavado con R-11

Aunque VALYCONTROL, S.A. DE C.V. no recomienda éste método, se describirá brevemente el proceso. Primero, se debe tener un equipo de recirculación de R-11, que consta de una bomba de diafragma, un tambor de R-11, dos filtros deshidratadores recargables de bloques desecantes y un conjunto de accesorios como válvulas de paso, manómetros, indicador de líquido y mangueras. Todo esto interconectado y montado en un carrito para transportarlo.

Para hacer el lavado del sistema, se debe primero descargar el refrigerante, retirar el compresor quemado, así como todos los accesorios que puedan restringir la circulación del R-11, tales como el capilar o la válvula de termo expansión, filtros deshidratadores, válvulas reguladoras, etc... En su lugar, se instalan mangueras de plástico para interconectar el circuito. Las mangueras del equipo de lavado, se conectan al sistema por las líneas de succión y de descarga (donde estaba conectado el compresor), de tal forma que el R-11 circule en sentido contrario al flujo normal del sistema. El R-11 es un excelente solvente, y como su temperatura de ebullición es alta (23°C), se puede tener en forma líquida circulando por todo el sistema.

Después que recorre todo el sistema, arrastrando los contaminantes, regresa al equipo de limpieza, pasa por los filtros deshidratadores donde se le quitan todos los contaminantes y las impurezas, y regresa al tambor, limpio y listo para usarse de nuevo.

Al inicio de la operación, se puede observar a través del indicador de líquido el paso del refrigerante contaminado, el cual se va aclarando poco a poco.

El tiempo y la cantidad de refrigerante requeridos para completar la limpieza, depende del tamaño del sistema y de la severidad de la quemadura. Algunas veces, la recirculación debe continuar por lo menos 24 horas, y en el caso de quemaduras severas, se requieren períodos más largos. Una indicación de que la limpieza se ha completado, es cuando el R-11 regresa al equipo libre de contaminantes. Al R-11 se le puede efectuar la prueba de acidez con los mismos productos que se utilizan para el aceite. Cuando el sistema está muy contaminado, es necesario cambiar los bloques desecantes de los filtros

deshidratadores del equipo de limpieza; lo cual se va a observar por la presión en el manómetro.

Cuando se ha completado el proceso de limpieza, el R-11 que aún permanece en el sistema debe ser forzado a regresar al tambor. Para esto, es necesario soplear el sistema con R-12 o R-22 o si es posible, con nitrógeno.

El sistema está ahora listo para ser ensamblado de nuevo. Para esto se retiran las mangueras de plástico, se instala el compresor nuevo con su carga limpia de aceite, se instalan todos los demás componentes y accesorios y el siguiente paso es hacer la prueba contra fugas; para lo cual se requiere presurizar un poco el sistema con refrigerante. Cuando se tiene la seguridad de que no existen fugas, el siguiente paso es evacuar el sistema con una buena bomba de vacío. Esto es para eliminar el R-11 residual en el sistema, lo cual se lleva a cabo con rapidez. La importancia real de hacer un buen vacío, es para asegurarse también que se eliminen completamente los gases no condensables y la humedad. El vacío que se recomienda es de 200 micrones (0.2 mm. Hg.).

Una vez que el sistema se ha evacuado completamente, se rompe el vacío con el refrigerante con que va a trabajar el sistema, hasta completar la carga de acuerdo a la recomendación del fabricante; y finalmente, se pone a operar el sistema.

Este método de limpieza tiene varias desventajas básicas:

1. Generalmente, es necesario desechar la carga del sistema.
2. Se requiere una labor considerable para quitar los accesorios y poner en su lugar mangueras.
3. El equipo de limpieza es costoso, y requiere de personal especializado.
4. El R-11 usado en la limpieza se tiene que desechar y esto implica otro costo; además hay que recordar que el R-11 por su alto contenido de cloro, es uno de los compuestos que más deterioran la capa de ozono.
5. Todo el tiempo que dura la limpieza con este método es tiempo muerto, ya que el sistema está fuera de operación.

Método con Filtros Deshidratadores de Piedra

Este método es aplicable tanto a sistemas pequeños, como a sistemas de gran tonelaje. Es un método simple, rápido y económico; ya que representa una reducción drástica en lo que se refiere a trabajo y costo, comparado con el método de lavado con R-11.

El método con filtros deshidratadores de piedra ha sido usado extensivamente en miles de casos en los últimos años, y su éxito ha sido bien probado en el campo. Cuando se ha seguido adecuadamente, no se ha sabido de un caso donde se haya repetido la quemadura.

No existe un solo procedimiento que sea aplicable a todos los sistemas donde se quema el motocompresor; ya que el grado de contaminación difiere entre uno y otro, dependiendo de las circunstancias.

El procedimiento de limpieza deberá ser bien planeado, de acuerdo al tamaño y tipo del sistema. Los principales factores que determinan qué procedimiento seguir son: el tamaño del sistema, la severidad de la quemadura, si el compresor tiene válvulas de servicio o no, y si el sistema tenía filtro deshidratador en la línea de líquido o en la de succión cuando ocurrió la quemadura. La cantidad de los productos involucrados en la quemadura, es la que lo guiará a seleccionar el procedimiento. No hay una regla específica para guiarse, la decisión la debe tomar el técnico mismo.

A continuación se sugieren algunos procedimientos:

Sistemas Pequeños

En equipos pequeños como refrigeradores domésticos, unidades de ventana de aire acondicionado, etc., los cuales generalmente tienen compresores herméticos fraccionarios, el procedimiento de limpieza puede considerarse siempre el mismo, indistintamente de la severidad de la quemadura. Pero, como se mencionó antes, en este tipo de compresores no se puede saber el grado de la quemadura, sino hasta que se analiza una muestra del aceite, y para tomar dicha muestra, se tiene que abrir el sistema.

Es importante recordar las precauciones que se deben tener con el aceite al manejar un compresor quemado.

El procedimiento de limpieza recomendado es el siguiente:

1. La cantidad de refrigerante con que trabajan estos equipos, por lo regular es muy pequeña, de unos cuantos gramos, y no justifica la labor de recuperarlo; por lo que se debe desechar adecuadamente en un lugar ventilado. Pero si desea recuperarse, se recomienda el uso de una máquina de recuperación / reciclado aprobada por ARI, la cual lo recupera en fase líquida. Para hacer esto, es necesario adaptar antes unas válvulas de acceso del tipo perforadora, una en la línea de succión y otra en la línea de descarga. Estas válvulas es conveniente instalarlas, aun cuando no se recupere el refrigerante, ya que van a servir para otras operaciones.
2. Se retira el compresor quemado. Para esto, se procede como sigue: se desconecta el circuito eléctrico y se desconectan las líneas de succión y descarga, cortándolas con pinzas o corta tubo. Si el compresor tiene enfriador de aceite, las líneas deberán sellarse para luego cortarlas y doblarlas, evitando así un derrame de aceite. También deberán sellarse los tubos de succión y descarga del compresor quemado, pero antes, se debe tomar una muestra del aceite para analizarlo.
3. Se quita el filtro deshidratador y el tubo capilar o la válvula de termo expansión, si la hay.
4. Se lava el sistema con refrigerante, de preferencia del mismo refrigerante con que trabaja el sistema. Para hacer esto, se deben instalar conexiones "flare" en los extremos de las líneas de succión y descarga, donde estaba insta-

lado el compresor. El refrigerante debe hacerse circular en forma líquida, en contraflujo; es decir, debe entrar al sistema por la línea de succión y salir por el condensador. Esto se puede hacer con la misma máquina de recuperación y reciclado. Si no se dispone de esta máquina, se puede hacer un arreglo con cilindros (uno lleno y otro vacío para recibir el refrigerante), mangueras y filtros deshidratadores. Esta operación continúa hasta que se haya completado la limpieza.

5. Instale el compresor nuevo, el cual debe ser un repuesto exacto del original y con la misma capacidad. Para instalarlo, primero debe retirar las conexiones "flare" de las líneas de succión y descarga, y cortar el extremo abocinado con un cortatubo. Limpiar cuidadosamente los extremos de los tubos del sistema y del compresor, aproximadamente unos 5 cms. Soldar las líneas de succión y descarga al nuevo compresor, utilizando tan poco fundente como sea posible. Si el compresor tiene enfriador de aceite, se deberá proceder de una manera similar para soldar las líneas.

6. Instale un filtro deshidratador de la capacidad adecuada, de preferencia que tenga válvula de carga. Igualmente, se debe instalar un tubo capilar del diámetro y longitud exactos al que se tenía. Siempre que se quema un compresor, se recomienda cambiar también el capilar; es menos costoso que tratar de limpiar el original. Si el sistema tenía válvula de termo expansión en lugar de capilar, el técnico deberá juzgar si se limpia y se vuelve a usar o si se reemplaza.

7. Conecte el múltiple a las válvulas de acceso, y por la manguera de servicio, presurice el sistema con refrigerante, hasta aproximadamente 25 psig (275 kPa). Mediante el método de su preferencia, revise por si hay fugas; si las hay, es necesario corregirlas.

8. Quite el tanque de refrigerante de la manguera de servicio, y en su lugar, conecte una bomba de vacío para evacuar del sistema el aire y la humedad. Existen dos métodos diferentes para hacer esto:

Método 1 - Alto vacío. Se hace un vacío absoluto, de por lo menos 500 micrones (29.9 pulg. de mercurio), hasta expulsar totalmente la humedad u otros gases del sistema. Para esto, se requiere una buena bomba de vacío y un vacuómetro de precisión. Los manómetros comunes no dan lecturas precisas y confiables, a nivel de micrones

Método 2 - Triple evacuación. Este método consiste en hacer primero un vacío de 710 mm Hg manométricos (28 pulg. de mercurio). Después, se rompe el vacío con refrigerante, hasta una presión positiva de aproximadamente 115 kPa (2 psig). Se deja así por aproximadamente una hora y se repite la operación. Se hace vacío por tercera ocasión, hasta 710 mm Hg manométricos (28 pulg. de Hg). Después del tercer vacío, el sistema queda listo para cargarse.

9. Haciendo uso del múltiple, cargue el sistema con la cantidad correcta de refrigerante. Se recomienda mejor

sobrecargar ligeramente el sistema, para luego evacuar el excedente.

10. Cierre las válvulas del múltiple, reconecte el circuito eléctrico y arranque el sistema. Retire el múltiple y coloque tapones en las válvulas de acceso.

Quemaduras Leves

A continuación, describiremos el procedimiento para limpiar un sistema de cualquier tamaño, cuando la quemadura ha sido leve. En estos casos, también es necesario realizar las pruebas de acidez y color del aceite. Aunado a lo anterior, también es necesario determinar las causas de la quemadura, y efectuar las correcciones respectivas.

Cuando la quemadura es leve, la mayor parte de los contaminantes se remueven con el cambio de aceite (o compresor); los restantes se eliminan al cambiar el filtro deshidratador de la línea de líquido, o instalando uno si no se tenía. Los procedimientos a seguir son dos, dependiendo si el compresor cuenta con válvulas de servicio o no.

A. Si el compresor no tiene válvulas de servicio. Esto sucede cuando el sistema es pequeño, con compresor hermético, y la cantidad de refrigerante generalmente no justifica el costo del proceso de recuperación. Siga el procedimiento recomendado para sistemas pequeños.

A1. Si se desea salvar el refrigerante, se puede transferir éste a un cilindro frío y vacío, por diferencia de presión. Se debe instalar un deshidratador en la manguera con la que se va a transferir al cilindro. También, si se tiene la facilidad, se puede emplear una máquina de recuperación y reciclado aprobada por ARI y UL, para recuperar la mezcla de aceite y refrigerante. Si no se requiere salvar el refrigerante, deberá descargarse adecuadamente en forma líquida en un lugar ventilado.

NOTA: Cualquiera que sea la elección de los tres casos antes mencionados, si el sistema tiene condensador enfriado por agua, ésta deberá estar circulando cuando se esté descargando el refrigerante, o deberá drenarse totalmente antes de descargar el refrigerante. Esto es con el objeto de evitar que se congele dentro de los tubos y los rompa.

A2. Si el sistema tenía filtro deshidratador, éste deberá retirarse, y en su lugar, deberá instalarse uno nuevo sobredimensionado; es decir, de una capacidad mayor. Si el sistema no tenía filtro deshidratador, deberá instalarse uno en la línea de líquido. En sistemas un poco más grandes, también se deberá instalar un filtro en la línea de succión, cerca del compresor. La válvula de acceso permitirá revisar la caída de presión.

A3. Inspeccione todos los dispositivos de control, tales como válvulas de termo expansión, solenoides, reversibles, retención, tubo capilar, indicador de líquido, etc. Límpielos completamente o reemplácelos, según sea necesario.

A4. Sopletee el evaporador y el condensador, utilizando nitrógeno. Para el sopleteo, no utilice refrigerante.

A5. Retire el compresor quemado e instale el nuevo. Este deberá ser un repuesto exactamente como el original y con la misma capacidad del que se quemó. Se recomienda instalarle válvulas de acceso en la succión y descarga, las cuales servirán tanto para hacer vacío, cargar refrigerante y medir las presiones. Haga una revisión eléctrica completa.

A6. Presurice ligeramente el sistema con refrigerante y revise que no haya fugas, utilizando para esto un buen detector, ya sea una lámpara de haluro o un detector electrónico. Si no se cuenta con ninguno de estos dos aparatos, la prueba con jabonadura es satisfactoria.

A7. Evacúe el sistema de acuerdo a las recomendaciones del fabricante del equipo. Si no se dispone de ésta, se recomienda el método de la triple evacuación. El compresor nuevo nunca deberá usarse para hacer vacío. Puede emplearse cualquiera de los dos métodos descritos en el punto 8 de sistemas pequeños.

A8. Cargue el sistema con refrigerante de acuerdo a las instrucciones del fabricante. Es importante instalar un filtro deshidratador en las mangueras, para a través del mismo cargar el refrigerante evacuado del sistema. Si se instaló un filtro deshidratador en la línea de succión, se puede cargar el refrigerante a través del mismo. Agregue el refrigerante adicional que sea necesario.

A9. Ponga el sistema en operación. En sistemas pequeños, la limpieza se lleva a cabo durante la operación y generalmente hasta este paso es suficiente; pero, por seguridad, se recomienda medir la caída de presión a través del filtro deshidratador de la línea de líquido, después de cuatro horas de operación, sin que ésta llegue a rebasar los valores de la tabla 1.17 del capítulo 1. Si la caída de presión está dentro del límite, se deja operar el sistema otras 48 horas y se cambia el filtro deshidratador por el de la medida original, mismo que va a quedar instalado permanentemente.

En sistemas poco más grandes, donde se haya instalado un filtro deshidratador en la línea de succión, además del de la línea de líquido, se revisa la caída de presión a través de ambos, y si ésta no excede los valores recomendados, se deja operar otras 48 horas. Generalmente, se puede considerar que hasta este punto la limpieza se ha completado, por lo que deben cambiarse los filtros deshidratadores por unos nuevos, de la misma capacidad que normalmente use el sistema.

A10. Después de terminado el procedimiento de limpieza, se recomienda revisar nuevamente el sistema en dos semanas, para asegurarse que las condiciones de operación son satisfactorias.

B. Si el compresor tiene válvulas de servicio. El mismo procedimiento que con compresores un poco más grandes, tanto herméticos como semiherméticos, lo cual facilitará más la labor de limpieza.

B1. Si se desea salvar el refrigerante, que es lo más usual, el procedimiento es cerrar las válvulas de servicio del compresor y aislar el refrigerante en el sistema. Retire el compresor quemado.

B2. Instale el compresor nuevo de la misma capacidad que el original y conéctelo eléctricamente. Si es un compresor semihermético y sólo se va a reemplazar el motor, el compresor deberá limpiarse completamente antes de instalar el motor nuevo 31%. Si es posible, instale un filtro deshidratador en la línea de succión, antes del compresor.

B3. Mediante una bomba adecuada, haga vacío únicamente al compresor y al filtro, para evacuar el aire. Se recomienda utilizar el método de la triple evacuación, punto 8 del procedimiento para sistemas pequeños.

B4. Abra las válvulas de servicio del compresor, cierre la válvula de servicio de salida del tanque recibidor, si lo hay, si no, cierre la válvula de paso de la línea de líquido. Esto es con el objeto de recolectar todo el refrigerante en el recibidor (pump down). Como estamos hablando de una quemadura leve, los posibles contaminantes no podrán dañar el compresor durante el breve período que dura esta operación.

B5. Una vez recolectado todo el refrigerante, quedarán en vacío la línea de líquido (desde la válvula cerrada), el evaporador y la línea de succión; con lo que se facilitará la inspección y limpieza o cambio de accesorios, como filtros deshidratadores, el indicador de líquido, la válvula de termoexpansión, válvulas solenoides, de retención, etc.

Los filtros deshidratadores deberán cambiarse, instalando uno sobredimensionado, es decir, de mayor capacidad que el original.

B6. Haga vacío únicamente en la sección que se abrió para cambiar accesorios, utilizando el método de la triple evacuación.

B7. Abra la válvula de paso de la línea de líquido o la del tanque recibidor, y ponga a operar el sistema. La limpieza del sistema se lleva a cabo durante la operación y los contaminantes, si los hay, son removidos por el filtro deshidratador. Observe la caída de presión a través del filtro deshidratador, por un mínimo de 4 horas. Si la caída de presión no excede los valores recomendados en la tabla 1.17 del capítulo 1, deje operar el sistema por 48 horas más, y con esto se considera que la limpieza se ha completado. Cambie el filtro deshidratador de la línea de líquido por uno nuevo del tamaño original, para dejarlo instalado permanentemente.

B8. Después de haber terminado el procedimiento de limpieza, se recomienda revisar nuevamente el sistema en dos semanas, para asegurarse que las condiciones de operación son totalmente satisfactorias.

Quemaduras Severas

Es necesario estar completamente seguro de que se trata de una quemadura severa. Para esto, será necesario haber efectuado las pruebas de olor y color del aceite del

compresor quemado. En quemaduras severas, como ya mencionamos en la sección "Productos de la Quemadura", se genera gran cantidad de contaminantes, por lo que el sistema deberá ser limpiado completamente.

El procedimiento de limpieza a seguir tendrá que adaptarse a cada sistema particular, dependiendo de las circunstancias bajo las cuales haya ocurrido la quemadura. Hay que recordar que si la quemadura sucedió al arrancar el compresor, la mayor parte de los contaminantes quedan dentro del mismo. Si ocurrió lentamente, estando el sistema en operación, entonces los contaminantes pasan a otros componentes. Por otro lado, si el sistema no estaba equipado con filtro deshidratador, los contaminantes fluyen libremente a través del sistema. Si había instalado un filtro deshidratador en la línea de líquido, éste limita la contaminación al compresor, la línea de descarga, el condensador, recibidor y la línea de líquido, facilitando todo ello el trabajo de limpieza.

Otra variable que influye también en la planeación del procedimiento de limpieza, es el tonelaje del sistema. En sistemas de hasta 40 toneladas, la carga de refrigerante es relativamente pequeña; en sistemas de más de 40 toneladas, la carga de refrigerante es grande. Mientras menos carga de refrigerante, menos se diluyen los contaminantes; y como resultado, hay una mayor necesidad de aislar el motocompresor nuevo de todos los materiales dañinos solubles e insolubles, que pudieran causar que se repita la quemadura. En los sistemas grandes, los contaminantes se diluyen en el refrigerante y el aceite, y esto facilita la limpieza. La mayor parte de los contaminantes son atrapados o disueltos por el aceite, por lo que el aceite, se vuelve el principal punto de ataque.

Debido a todas las variantes antes mencionadas, a continuación se recomiendan dos procedimientos generales de limpieza, los cuales van a tener que adaptarse al sistema en particular con que usted tenga que tratar. Las quemaduras severas ocurren comúnmente en motocompresores grandes; por lo que se considera que todos cuentan con válvulas de servicio.

C. Sistemas de pequeño tonelaje. Para sistemas hasta de 40 toneladas, donde la carga de refrigerante es relativamente pequeña, el procedimiento recomendado es el siguiente:

C1. Recupere el refrigerante utilizando una máquina de recuperación y reciclado aprobada por ARI, y recolecte el refrigerante en cilindros limpios y vacíos. Estas máquinas están diseñadas para recuperar y limpiar el refrigerante de cualquier contaminante, dejándolo listo para ser utilizado nuevamente. Todos los contaminantes sólidos, la humedad, el ácido, etc., serán retenidos por los filtros deshidratadores que tienen integrados estas máquinas.

Si el sistema tiene condensador enfriado por agua, o se utiliza para enfriar líquido (chiller), el agua deberá estar circulando en el momento que se esté descargando el refrigerante; o bien, deberá drenarse toda el agua antes de descargar el refrigerante. Esto es con el objeto de evitar que el agua se congele dentro de los tubos y los reviente.

C2. Quite el compresor quemado, teniendo cuidado de no tocar el aceite o el lodo con las manos. Evite inhalar los vapores del ácido.

C3. Retire todos los accesorios tales como: filtros deshidratadores, indicadores de líquido y humedad, válvula de termoexpansión, válvulas solenoides, válvulas de retención, válvulas de paso, etc. Los filtros deshidratadores y el indicador de líquido deben desecharse. Las válvulas deben inspeccionarse, para decidir si se reemplazan o se limpian y se vuelven a usar.

Si los filtros deshidratadores son del tipo recargable, deseche únicamente los bloques desecantes.

C4. Sopletee las tuberías, el condensador y el evaporador con nitrógeno o aire comprimido. No debe utilizarse refrigerante para este procedimiento.

C5. Instale las válvulas y dispositivos de control, ya sea nuevos o los mismos, después de haberlos limpiados perfectamente.

C6. Instale filtros deshidratadores nuevos en la línea de líquido y en la línea de succión. El de la línea de líquido debe ser sobredimensionado; es decir, de una medida mayor que el original, y de preferencia lo más grande que se pueda, tanto como lo permitan el espacio y el diámetro de la línea. El de la línea de succión puede ser del tamaño recomendado, y debe instalarse tan cerca como sea posible del compresor. Si son de tipo recargable, únicamente cambie los bloques desecantes.

Los materiales desecantes de los filtros retienen todo tipo de contaminantes, tanto solubles como insolubles. El filtro de succión evitará que lleguen al compresor partículas mayores de 5 micrones, que estén aun en el sistema, y además, ayudará a completar la limpieza de una sola vez.

También, deberá instalarse un buen indicador de líquido y humedad, inmediatamente después del filtro deshidratador de la línea de líquido. Este indicará si el filtro deshidratador o los bloques desecantes deberán cambiarse, para reducir el contenido de humedad del sistema.

C7. Si el sistema cuenta con separador de aceite, lo más probable es que el aceite que contenga este contaminado, y que sus partes estén impregnadas de carbón, lodo barniz, etc.

Si el separador de aceite es del tipo desarmable, deberá destaparse y lavarse perfectamente. Si es de tipo sellado, deberá cambiarse por uno nuevo de la misma capacidad. En cualquiera de los dos casos, se le deberá de agregar su carga inicial de aceite limpio, de acuerdo al instructivo.

C8. Instale el compresor nuevo. Este motor de reemplazo deberá ser de la misma capacidad del original. Si es semihermético de motor reemplazable, el compresor deberá limpiarse perfectamente, antes de instalar el motor nuevo. Esto significa no solamente quitar los depósitos de carbón y otros residuos de la quemadura del compartimiento del motor, sino que también se deben limpiar las cabezas y las válvulas de los cilindros; así como pistones, anillos y cojinetes.

No existen solventes de acción rápida para eliminar los depósitos de carbón, goma y barnices. La única solución es la limpieza mecánica o el cambio de partes. Recuerde que la verdadera limpieza, viene después de poner el sistema de nuevo en operación.

Conecte eléctricamente el motocompresor y haga una revisión completa de todos los componentes eléctricos.

C9. Es conveniente colocar una pequeña trampa de aceite, para obtener muestras fácilmente y hacer evaluaciones posteriores. Una forma de hacer una trampa en la línea de succión es utilizando una "T" y una válvula de acceso en el fondo. Otro método es, construir una trampa con un tubito de cobre de 4 cm de largo, válvulas y conexiones para mangueras, de tal forma que el vapor de la descarga pase a través de ésta y regrese a la succión del compresor. En ambas trampas se colectará, en muy poco tiempo, suficiente aceite para efectuar el análisis requerido. Para efectuar la prueba de acidez, se requieren aproximadamente 15 ml de aceite.

C10. Conecte un múltiple a las válvulas de servicio del compresor, y a través de la manguera de servicio, presurice el sistema hasta aproximadamente 30 psig (310 kPa); revise que no haya fugas. Si no se encontraron fugas, entonces se prueba de nuevo, pero ahora a la presión normal de condensación del sistema; por ejemplo, a 135 psig (1,030 kPa) cuando se usa R-12. Si no se conoce la presión de condensación, nunca presurice a más de 170 psig (1,275 kPa).

Si se va a probar contra fugas con un detector electrónico o con una lámpara de haluro, entonces hay que presurizar el sistema con refrigerante o con una mezcla de refrigerante y nitrógeno (o bióxido de carbono). Si la prueba de fugas se va a efectuar con jabón, entonces se puede utilizar únicamente nitrógeno o bióxido de carbono.

NOTA: Estos gases deberán usarse solamente con un regulador de presión y una válvula de seguridad ajustada a 1,300 kPa (175 psig).

C11. Una vez que se tiene la seguridad de que no existen fugas, el siguiente paso es hacer un buen vacío en el sistema completo, empleando para ello una buena bomba de vacío. Nunca debe emplearse el compresor para hacer vacío.

Con la evacuación del sistema se eliminan todos los gases no condensables y la humedad. Normalmente, se utiliza uno de los dos métodos recomendados para este propósito.

Estos métodos son: el de alto vacío y el de triple evacuación. A continuación, se describen brevemente cada uno de estos métodos.

Método de Alto Vacío

Para hacer un alto vacío, se requiere una bomba para alto vacío o de doble etapa, y un vacuómetro de precisión. Se conecta la bomba a la manguera de servicio del múltiple, y el vacuómetro a la bomba de vacío; se abren las dos

válvulas para hacer vacío simultáneamente por los lados de alta y baja, y se arranca. Se deja trabajando varias horas hasta que se alcance una presión absoluta de 500 micrones (0.07 kPa). En un manómetro común, ésta presión equivale a 29.9 pulgadas de mercurio.

A esta presión se han eliminado todos los gases y casi toda la humedad en forma de vapor. Se cierran las válvulas del múltiple, se apaga la bomba de vacío y se retira. Si se desea comprobar la hermeticidad del sistema, se puede dejar así en vacío por algunas horas con el vacuómetro conectado, sin que haya variación en la presión.

Método de Triple Evacuación.

Este método se emplea cuando no se tiene una bomba de doble etapa, solamente de una etapa.

Se hace un vacío a una presión absoluta de por lo menos 74,200 micrones (9.8 kPa), que en un manómetro común equivale a 27 pulgadas de mercurio. Se rompe el vacío con vapor de refrigerante hasta una presión positiva de 115 KPa (2 psig), y se deja aproximadamente una hora. Después de esto, se repite toda la operación y luego se hace vacío por tercera y última vez, pero en esta ocasión al romper el vacío, es para hacer la carga completa de refrigerante.

C12 Cargue el sistema con el refrigerante adecuado, conforme a las instrucciones del fabricante. Si no se dispone de las instrucciones, puede emplearse cualquier método que asegure la carga exacta de refrigerante.

Si se va a usar el refrigerante recuperado, cárguelo al sistema a través del filtro deshidratador.

C13. Arranque el compresor y comience a operar el sistema. Espere unos minutos a que se estabilice, y después, verifique el sobrecalentamiento de la válvula de termo expansión y los controles. Ajuste si es necesario.

Registre la caída de presión inicial a través de los filtros deshidratadores. Esto es de suma importancia, ya que la caída de presión dará la pauta para el cambio de los filtros deshidratadores o de los bloques desecantes. La caída inicial de presión no debe sufrir incremento, hasta que los bloques desecantes estén cargados en más del 50% con contaminantes.

La limpieza del sistema se lleva a cabo durante la operación del mismo. La acción solvente del refrigerante y la afinidad del aceite por los contaminantes, atraparán toda la suciedad y limpiarán las partes incrustadas con carbón, lodo, barniz y otros productos de la quemadura. Al pasar el aceite y el refrigerante por los filtros deshidratadores, se limpian dejando toda la contaminación en ellos. La acumulación gradual de estos contaminantes provoca que vaya aumentando la caída de presión a través de los filtros deshidratadores. Esta caída de presión debe ser monitoreada durante las primeras 4 horas de operación. Cuando la caída de presión rebase los valores máximos que se muestran en la tabla 1.17 del capítulo 1, debe cambiarse el filtro deshidratador o los bloques desecantes.

C14. Muchos técnicos consideran que hasta este punto, la limpieza se ha completado; sin embargo, para hacer el mejor trabajo posible, se debe continuar hasta asegurarse que el sistema está limpio.

Entre las 8 y 24 horas de operación, tome una muestra de aceite y analicela, con un probador de acidez observando el color. Si el aceite está limpio y libre de ácido, la limpieza se ha completado. Si el aceite está sucio o ácido, cambie los filtros deshidratadores o los bloques desecantes. Si se considera necesario, puede también cambiarse el aceite del compresor; aunque la recomendación es que cada que se cambie el filtro deshidratador (o los bloques desecantes) de la línea de succión, también se cambie el aceite.

Después de otras 24 horas de operación, deberá tomarse otra muestra del aceite y analizarla, para asegurarse que el nivel de ácido ha disminuido abajo de 0.05.

Cuando se haga el último cambio de filtros deshidratadores, deberán instalarse los del tamaño que normalmente usa el sistema, dejándolos instalados permanentemente.

NOTA: Las muestras de aceite que se tomen para analizarlas, deben ser representativas del aceite circulando en el sistema, por lo que puede ser necesario desechar la primer muestra de aceite que se saque de la trampa.

C15. Simultáneamente a las revisiones de caídas de presión y de nivel de ácido, también deberá revisarse el contenido de humedad del sistema; ya que es otro parámetro para determinar el cambio de filtros deshidratadores o bloques desecantes.

C16. Hasta este punto, se puede tener la seguridad de que el sistema está completamente limpio. Para asegurarse que las condiciones de operación son satisfactorias, se recomienda revisar el sistema nuevamente en dos semanas.

D. Sistemas de Gran Tonelaje. En sistemas arriba de 40 toneladas, la cantidad de refrigerante es grande y amerita su recuperación. Si el refrigerante se va a recuperar utilizando una máquina de recuperación y reciclado, entonces el procedimiento de limpieza que deberá seguirse es el anterior (de C1 a C16). Si no se va a utilizar la máquina de recuperación y reciclado para recuperar el refrigerante del sistema, entonces el procedimiento a seguir es el siguiente:

D1. Cierre las válvulas de servicio del motocompresor quemado, para aislar el refrigerante dentro del sistema.

D2. Retire el motocompresor quemado e instale el nuevo. Tenga cuidado de no tocar el aceite o el lodo con las manos y evite inhalar los vapores de ácido. Este motocompresor de reemplazo deberá ser de la misma capacidad del original. Si es semihermético de motor reemplazable, el compresor deberá limpiarse perfectamente antes de instalar el motor nuevo. Esto significa no solamente quitar los depósitos de carbón y otros residuos de la quemadura del compartimiento del motor, sino que tam-

bién se deben limpiar las cabezas y las válvulas de los cilindros, así como pistones, anillos y cojinetes.

No hay solventes de acción rápida para eliminar los depósitos de carbón, goma y barnices. La única solución es la limpieza mecánica o el cambio de partes. Recuerde que la verdadera limpieza, viene después de poner el sistema nuevamente en operación.

Conecte eléctricamente el motocompresor y haga una revisión completa de todos los componentes eléctricos.

D3. Instale un múltiple en las conexiones de servicio de las válvulas de succión y descarga del compresor. Conecte la manguera de servicio del múltiple a una bomba de vacío, abra las dos válvulas del múltiple y arranque la bomba. De esta manera, se hará vacío únicamente en el compresor, eliminándole todo el aire y la humedad. Es conveniente utilizar el método de la triple evacuación, rompiendo el vacío en cada ocasión con el mismo refrigerante que hay en el sistema, a una presión positiva de 115 KPa (2 psig). Es importante recordar que se debe agregar la cantidad correcta de aceite limpio al motocompresor nuevo. Esto se puede hacer por medio de una bomba para cargar aceite, o succionándolo en una de las ocasiones que se haga vacío al compresor, a través de la manguera de servicio del múltiple.

D4. El siguiente paso es recolectar todo el refrigerante del sistema en el tanque recibidor y el condensador (pump down). Para esto, se cierran las válvulas del múltiple, se abren las válvulas de servicio del compresor y se arranca. Posteriormente, se cierra la válvula de paso de la línea de líquido, la que está antes del filtro deshidratador. Si el sistema no cuenta con filtro deshidratador en la línea de líquido ni válvula de paso, entonces se cierra la válvula de servicio a la salida del tanque recibidor. De esta manera, el compresor vaciará (succionará) todo el refrigerante contenido en la parte del sistema, comprendida desde la válvula que se cerró en la línea de líquido, hasta la válvula de succión del compresor.

Los contaminantes que existan en esta parte del sistema que se están vaciando, no dañarán el compresor ya que esta operación de vaciado (pump down) sólo dura unos minutos.

D5. Una vez hecho lo anterior, se podrá con toda facilidad instalar filtros deshidratadores en la línea de líquido y en la de succión, si es que no los había. Si ya existen, deben desecharse cambiándolos por nuevos. En cualquier caso, el filtro deshidratador que se instale en la línea de líquido debe ser sobredimensionado, es decir, de mayor tamaño que el lleva normalmente, tan grande como sea posible. En la línea de succión se debe instalar uno de la capacidad que normalmente requiere ese sistema.

Si los filtros deshidratadores que tiene originalmente el sistema son del tipo recargable, entonces deberán cambiarse únicamente los bloques desecantes.

D6. Deben revisarse también todos los demás accesorios tales como la válvula de termo expansión, válvulas solenoi-

des, etc.; si están en buen estado, deben de limpiarse y volver a instalarse. Si están dañados, deben ser cambiados. En el caso del indicador de líquido, puesto que se trata de una quemadura severa, el ácido daña el elemento indicador, por lo que se debe desechar e instalar uno nuevo.

D7. Es conveniente colocar una pequeña trampa de aceite, para obtener muestras fácilmente y hacer evaluaciones posteriores. Una forma de hacer una trampa en la línea de succión es utilizando una "T" y una válvula de acceso en el fondo. Otro método es, construir una trampa con un tubito de cobre de 4 cms de largo, válvulas y conexiones para mangueras, de tal forma que el vapor de la descarga pase a través de ésta y regrese a la succión del compresor. En ambas trampas se colectará, en muy poco tiempo, suficiente aceite para efectuar el análisis requerido. Para efectuar la prueba de acidez, se requieren aproximadamente 15 ml de aceite.

D8. Abra la válvula de la línea de líquido. Arranque el compresor y comience a operar el sistema. Espere unos minutos a que se estabilice, y después verifique el sobrecalentamiento de la válvula de termoexpansión y los controles. Ajuste si es necesario.

Registre la caída de presión inicial a través de los filtros deshidratadores o de los bloques desecantes. No debe haber incremento en la caída de presión inicial, hasta que los bloques desecantes estén cargados en más del 50% con contaminantes.

La limpieza del sistema se lleva a cabo durante la operación del mismo. La acción solvente del refrigerante y la afinidad del aceite por los contaminantes, atraparán toda la suciedad y limpiarán las partes incrustadas con carbón, lodo, barniz y otros residuos de la quemadura. Al pasar el aceite y el refrigerante por los filtros deshidratadores, se limpian dejando toda la contaminación en ellos. La acumulación gradual de estos contaminantes provoca que vaya aumentando la caída de presión a través de los filtros deshidratadores. Esta caída de presión debe ser monitoreada durante las primeras 4 horas de operación. Cuando la caída de presión rebasa los valores máximos mostrados en la tabla 1.17 del capítulo 1, se debe reemplazar el filtro deshidratador o los bloques desecantes.

D9. Si el sistema cuenta con separador de aceite, lo más probable es que el aceite que contiene esté contaminado y que sus partes estén impregnadas de carbón, lodo barniz, etc.

Si el separador de aceite es del tipo desarmable, se deberá destapar y lavar perfectamente. Si es del tipo sellado, deberá reemplazarse por uno nuevo de la misma capacidad. En cualquiera de los dos casos, se le deberá de agregar su carga inicial de aceite limpio de acuerdo al instructivo.

D10. Muchos técnicos consideran que hasta este punto la limpieza se ha completado; sin embargo, para hacer el mejor trabajo posible, se debe continuar hasta asegurarse que el sistema está limpio.

Entre las 8 y 24 horas de operación, tome una muestra de aceite y analícela con un probador de acidez observando el color. Si el aceite está limpio y libre de ácido, la limpieza se ha completado. Si el aceite está sucio o ácido, cambie los filtros deshidratadores o los bloques desecantes. Si se considera necesario, puede también cambiarse el aceite del compresor; aunque la recomendación es que cada que se cambie el filtro deshidratador (o los bloques desecantes) de la línea de succión, también se cambie el aceite.

Después de otras 24 horas de operación, deberá tomarse otra muestra del aceite y analizarla, para asegurarse que el nivel de ácido ha disminuido abajo de 0.05.

Cuando se haga el último cambio de filtros deshidratadores, deberán instalarse los del tamaño que normalmente usa el sistema, dejándolos instalados permanentemente.

NOTA: Las muestras de aceite que se tomen para analizarlas, deben ser representativas del aceite circulando en el sistema, por lo que puede ser necesario desechar la primer muestra de aceite que se saque de la trampa.

D11. Simultáneamente a las revisiones de caídas de presión y de nivel de ácido, también deberá revisarse el contenido de humedad del sistema; ya que es otro parámetro para determinar el cambio de filtros deshidratadores o bloques desecantes.

D12. Hasta este punto, se puede tener la seguridad de que el sistema está completamente limpio. Para asegurarse que las condiciones de operación son satisfactorias, se recomienda revisar el sistema nuevamente en dos semanas.