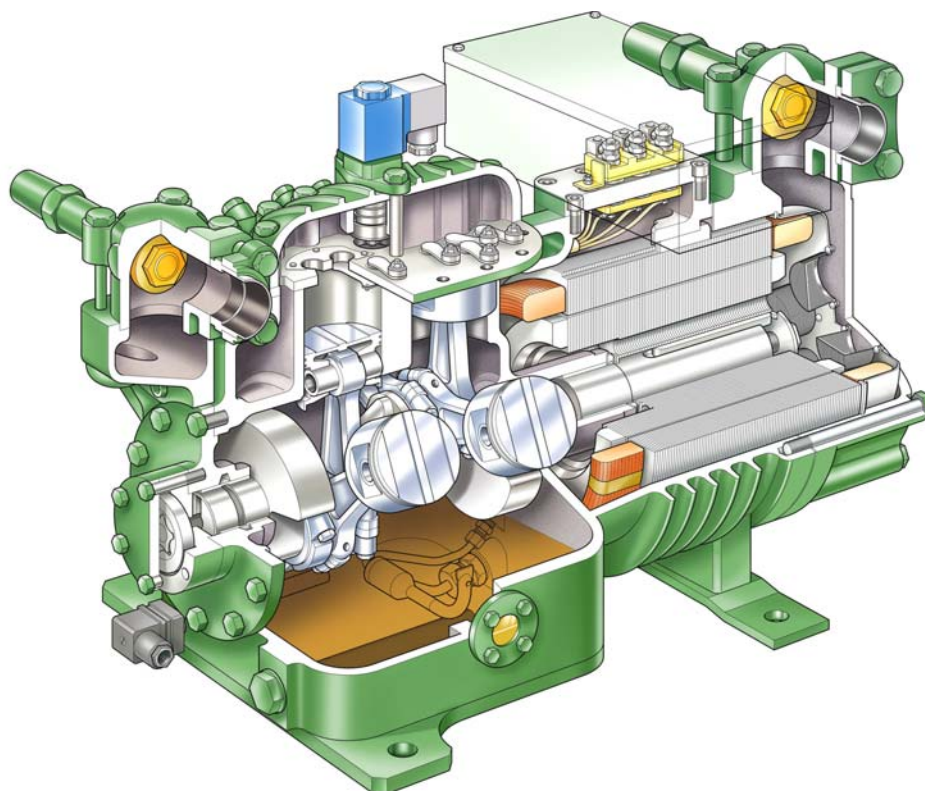




**BITZER**  
I · N · T · E · R · N · A · T · I · O · N · A · L

# Manual

## *ANÁLISIS DE IRREGULARIDADES EN LOS COMPRESORES RECIPROCANTES*



**“Siempre deberá analizarse cada compresor que falló. El trabajo de investigación y las informaciones obtenidas indicarán las acciones correctivas a ser adoptadas para evitar la repetición de la falla”.**

Ing. Alessandro da Silva  
Ingeniería de Aplicación / Entrenamiento  
[aplicacao@bitzer.com.br](mailto:aplicacao@bitzer.com.br)  
(0055) 11 - 3648-3108 / (0055) 11 - 9196-1808

Análisis de Irregularidades  
Compresores Alternativos

SUMARIO

	Página
OBJETIVO	3
MANTENIMIENTO PREVENTIVO	4
EXAMINANDO EL SISTEMA DEFECTUOSO	4
IDENTIFICACIÓN Y ESTADO DE LAS PIEZAS	4
CLASIFICANDO LOS PROBLEMAS DEL SISTEMA	5
RETORNO DE LÍQUIDO	6
DAÑO CAUSADO POR GOLPE DE LÍQUIDO	9
CAUSAS DEL GOLPE DE LÍQUIDO	10
PROBLEMAS DE LUBRICACIÓN	15
ELEVADAS TEMPERATURAS DE DESCARGA DEL COMPRESOR	21
PROBLEMAS DE CONTAMINACIÓN DEL SISTEMA	26
PROBLEMAS ELÉCTRICOS	33
LIMPIEZA DEL SISTEMA	43
VERIFICACIONES ANTES DEL ARRANQUE	43
ARRANQUE	46
REVISIÓN	48

## OBJETIVO

El objetivo de este estudio es familiarizar al técnico con la apariencia de las piezas del compresor que hayan sufrido los efectos de ciertas condiciones de mal funcionamiento del sistema. Este trabajo se destina a perfeccionar la técnica de diagnóstico y la identificación y corrección de los problemas del sistema y de la aplicación.

Al examinar esta presentación o estudiar este manual, debemos recordar que tanto los compresores que funcionan normalmente como sus sistemas, están sujetos a algunos de los mismos elementos relacionados con sistemas defectuosos. Todos los sistemas están sujetos al calor, al barniz, al aceite decolorado y a algún desgaste natural que se manifiesta a través de riesgos leves. Además de eso, siempre se encuentra alguna contaminación en el sistema. Es físicamente imposible eliminar el 100% de los elementos que contribuyen a la contaminación del sistema frigorífico.

Lo que un técnico precisa es de un sentido desarrollado de lo que es normal y de lo que no lo es. Este trabajo presenta los extremos de los defectos. Sin embargo ¿qué sistema no falló o no presentó señales de falla? ¿Hasta qué punto esperan poder ver las condiciones de desgaste o de abuso que van a ser descritas? Ese conocimiento de lo normal versus lo anormal deberá ser fruto de la experiencia y de la curiosidad natural desarrollada del técnico – esto es, no siempre aceptar la llave obvia como el único medio de salvación.

La mayoría de los compresores está proyectada para soportar pequeños problemas del sistema. A medida que proyectos más nuevos, que obtienen ventaja de eficiencias más altas, son introducidos, los técnicos se enfrentan a nuevos desafíos bajo la forma de una regulación más precisa del sistema y del entendimiento del mismo. La limpieza es ahora más importante con los sistemas proyectados con tolerancias más rígidas. Los técnicos, acostumbrados a emplear pequeños artificios en los sistemas antiguos y resolver los problemas, están ahora encontrando mayores problemas como resultado de esos métodos o del empleo de otros métodos. El propio compresor raramente es el problema en sistemas que presentan fallas. La llave para el mantenimiento de equipamientos con compresores reciprocantes hoy en día se basa en un completo entendimiento de las condiciones y de la secuencia de los hechos que llevan a fallas.

Este manual trata de las fallas del compresor de forma sistemática. Primero se examinan las piezas afectadas; a seguir, se estudian las condiciones que llevaron a la falla y la posible causa, o causas, de la falla.

Se da énfasis a la ubicación y a la corrección de la causa básica de la falla antes de intentarse cualquier reparación o sustitución. Si la causa básica no se corrige, será apenas una cuestión de tiempo antes de que una nueva falla ocurra.

## MANTENIMIENTO PREVENTIVO

La mejor forma de prevenir los problemas del compresor, es iniciar una planilla de mantenimiento preventivo que incluya el registro rutinario de las condiciones de funcionamiento del sistema. El registro diario de las presiones, de las temperaturas, supercalentamiento, subenfriamiento, etc. de funcionamiento del equipamiento, provee un medio de acompañar el desempeño del sistema durante todo el año. Con ese tipo de datos se pueden detectar, las tendencias que pueden hacer que las condiciones de funcionamiento se desvíen de los límites aceptables.

El registro de los datos de desempeño del sistema no sólo provee un medio para detectar problemas inminentes, sino que además, en caso de falla esas informaciones podrán ser usadas para reconstruir la serie de sucesos que lo ocasionaron. Al final de este trabajo se dan algunas sugerencias que podrán ayudarlo en el establecimiento de un sistema de registro para los operadores del equipamiento de su cliente.

## EXAMINANDO EL SISTEMA DEFECTUOSO

Al procurar llegar a la causa de la falla del sistema, use todos los datos posibles que pueda obtener de toda y cualquier fuente.

Converse con el personal que opera el equipamiento del cliente y descubra lo que pueda sobre el tipo de ruido que la unidad presentó inmediatamente antes de la falla: ¿El funcionamiento era normal o anormal? ¿A qué hora ocurrió la falla? Si sabe eso, podrá determinar la causa del problema por ocasión de la falla. ¿El operador mantenía un registro como sugerido arriba? Si lo mantenía, su trabajo de investigación será más fácil.

## IDENTIFICACIÓN Y ESTADO DE LAS PIEZAS

Al desmontar un compresor dañado, identifique las piezas a medida que sean retiradas, de forma que sus posiciones relativas dentro de la máquina puedan ser determinadas cuando sean examinadas.

Para que la marca permanezca legible, marque las piezas con un metal trazador o marcador mágico permanente para evitar que se borren durante su manipulación.

Además de la identificación de las piezas que son removidas, examine el estado general de cada pieza del compresor. ¿Están ciertas piezas limpias y sin daño? En caso afirmativo, anote eso. Si el compresor en general se presenta sucio, ¿qué tipo de contaminación puede ver? Mucha cosa puede ser determinada en este punto si puede identificar hollín, barniz, carbonización, borra, revestimiento de cobre (copper plating), oxidación o partículas de aluminio, cobre, hierro, etc. Siempre relacionar esos objetos encontrados a las áreas del compresor o las piezas individuales.

Por ejemplo: ¿Las válvulas del conjunto plato de válvulas están averiadas? En caso afirmativo, ¿dónde y cómo? Aún si se necesita una limpieza completa para ver el daño, las informaciones obtenidas podrán ser de gran valor al hacerse el análisis final.



Foto 1



Foto 2

## CLASIFICANDO LOS PROBLEMAS DEL SISTEMA

Al lidiarse con las fallas del compresor resultantes de problemas del sistema, como estamos haciendo en esta presentación, debemos, en primer lugar, identificar las varias categorías generales de fallas del sistema en las cuales la mayoría de las fallas de compresor conectada al sistema pueda ser definida. Cada una de esas categorías será, entonces, discutida en términos de daño que pueden causar y, finalmente, las soluciones para cada una de esas áreas. Siendo así, los técnicos de refrigeración deben estar preparados para, enseguida a este trabajo, buscar otras fuentes, tales como: Boletines de Ingeniería, Informaciones Técnicas, Cuadernillos, Manual del Mecánico de Refrigeración, etc., todas esas literaturas técnicas de la Bitzer, lo ayudará a desarrollar aún más estas técnicas y habilidades.

Pasemos ahora a las varias categorías generales de fallas del sistema. La mayoría de las fallas del compresor, con excepción de los defectos del producto, puede ser clasificada en las siguientes categorías generales:

**RETORNO DE LÍQUIDO:** Sucede principalmente cuando el supercalentamiento del gas en la succión del compresor tiende a “cero”. Esta succión “húmeda”, debido al efecto detergente del refrigerante, es capaz de remover toda la película lubricante de las partes móviles del compresor y, como consecuencia, provocará su rotura mecánica.

**GOLPE DE LÍQUIDO:** Daño causado por la presión hidrostática cuando el compresor intenta comprimir un líquido (sea aceite, refrigerante o ambos).

**PROBLEMAS DE LUBRICACIÓN:** Problemas relacionados con desgaste excesivo causado por la falta de cantidad suficiente de aceite lubricante en las áreas esenciales.

**CONTAMINACIÓN DEL SISTEMA:** Material extraño resultando en desgaste excesivo, causando daño mecánico del motor o recalentamiento.

**HUMEDAD EN LA INSTALACIÓN:** Formación del “copper plating” en las partes móviles y calientes del compresor, resultado que proviene de la mezcla de humedad/refrigerante/aceite que producen reacciones capaces de atacar químicamente tuberías de cobre y, principalmente, los motores eléctricos de los compresores herméticos y semiherméticos. Aparecen principalmente en las instalaciones donde no se ha hecho una buena evacuación y deshidratación del sistema.

**SUCIEDAD DE LA INSTALACIÓN:** Que resulta de la falta de cuidado de la instalación del sistema, o de cualquier otra intervención realizada. Son principalmente partículas de metal y óxidos de cobre y hierro, provenientes de la instalación donde no han sido utilizados cortadores de tubos y gas de protección durante toda la soldadura.

**TEMPERATURA DE DESCARGA ELEVADA:** Se produce principalmente cuando se trabaja con un valor elevado del supercalentamiento del gas en la succión del compresor, resultando la carbonización del aceite lubricante y la consecuente rotura mecánica del compresor.

**PROBLEMAS ELÉCTRICOS:** Aquellos problemas que pueden causar fallas, con excepción de los problemas eléctricos causados por daños mecánicos. Nuestro estudio incluirá también algunas de las causas mecánicas de fallas eléctricas.

Analicemos con más detalles cada una de esas áreas:

## **RETORNO DE LÍQUIDO**

Es una de las fallas más comunes que encontramos en los compresores que han sufrido averías mecánicas. El retorno de líquido se produce principalmente cuando el supercalentamiento del gas en la succión del compresor está tendiendo a “cero”, debido al efecto detergente del refrigerante. Él es capaz de remover toda la película de lubricación de las partes móviles del compresor y, consecuentemente, provocará su rotura mecánica.

Cuando analizamos las piezas dañadas del compresor, podemos observar que el retorno de líquido deja las piezas “limpias”, o sea, sin aceite y sin señales de carbonización. Es lo que podemos observar en la foto 3, donde este compresor sufrió avería mecánica debido al bajo valor del supercalentamiento. Se percibe que la primera ocurrencia es el



“enclabamiento” de los aros de compresión en los pistones, por causa del aumento de la resistencia de fricción provocada por la ausencia de lubricación. En la foto 4 aparece también otra parte dañada de este mismo compresor, el conjunto bomba de aceite.



Foto 3



Foto 4



Foto 5



Foto 6

### Analizando el supercalentamiento y Subenfriamiento

Para esta etapa, necesitaremos dos instrumentos: el termómetro y el manifold (conjunto de manómetros de alta y baja presión). Para verificar el supercalentamiento, debemos medir la presión y la temperatura de succión, ambas deberán ser obtenidas tanto en la salida del evaporador (supercalentamiento útil o estático) como en la succión del compresor (supercalentamiento total), principalmente en los sistemas donde la longitud de la línea de succión es significativa. Utilizando tablas o reglas de presión y temperaturas saturadas del refrigerante en cuestión, tendremos que convertir la presión de succión, que ha sido obtenida a través del manómetro, en temperatura de evaporación y con el termómetro

mediremos la temperatura de succión. La diferencia entre la temperatura de succión y la temperatura de evaporación es lo que llamamos supercalentamiento.

El supercalentamiento útil o estático, medido en la salida del evaporador y controlado por la válvula de expansión, normalmente varía de 3 a 7K. El supercalentamiento total, medido en la succión del compresor, varía de 8 a 20K. El supercalentamiento es un mal necesario que evita retorno de líquido al compresor, sin embargo el mismo deberá ser mantenido dentro de las condiciones exigidas por el fabricante del equipamiento y compresor. Un supercalentamiento muy bajo podrá provocar retorno de líquido para el compresor, consecuentemente sucederá su rotura mecánica prematura. Por otro lado, un supercalentamiento elevado ocasionará altas temperaturas de descargas, carbonización del aceite, alta potencia consumida y reducción de la vida útil del compresor.

Procedimiento idéntico debe realizarse en el caso del subenfriamiento, sin embargo, las medidas deberán ser realizadas en la salida del condensador. Utilizando tablas o reglas de presión y temperatura saturadas del refrigerante en cuestión, tendremos que convertir la presión de la línea de líquido (o de descarga), que ha sido obtenida a través del manómetro, en temperatura de condensación y con el termómetro mediremos la temperatura de la línea de líquido. La diferencia entre la temperatura de condensación y la temperatura de la línea de líquido es lo que llamamos de subenfriamiento. El subenfriamiento es necesario para evitar el indeseado “flash gas” (evaporación instantánea del líquido) en la entrada de la válvula de expansión. De acuerdo con las buenas prácticas de la refrigeración, lo ideal es mantener el valor de subenfriamiento variando de 5 a 11K. El factor determinante para garantizar un buen subenfriamiento en la línea de líquido será la capacidad satisfactoria del condensador de atender todo el calor rechazado del sistema y un buen control de la temperatura de condensación.

	Supercalentamiento		Subenfriamiento	
Providencia	Aumenta	Disminui	Aumenta	Disminui
Abrir la Vál. Exp. Term.				
Cerrar la Vál. Exp. Term.				
Cargar con Refrigerante				
Sacar Refrigerante				

Observaciones importantes:

- 1) Variando 1K en el subenfriamiento, se varía 3K en el supercalentamiento.
- 2) Válvula de expansión termostática: en sentido horario cierra y en sentido antihorario abre.

**Figura 1: Ajuste del supercalentamiento y Subenfriamiento**



## DAÑO CAUSADO POR GOLPE DE LÍQUIDO

En primer lugar, veamos el daño mecánico que está típicamente asociado a las presiones hidrostáticas resultantes del golpe de líquido.



Foto 7



Foto 8

(Foto 7 y 8) - El desmontaje de esos compresores reveló la avería de la válvula de succión del conjunto plato de válvulas causada por la tentativa de comprimir refrigerante líquido o aceite, o ambos.



Foto 9



Foto 10

Una vez que un líquido es virtualmente no compresible, el golpe resultante daña de modo característico las válvulas de succión de ese conjunto. En este ejemplo pedazos de la válvula de succión rota han sido encontrados presos contra la válvula de descarga del lado del paso del gas.

Ese es un caso muy serio. Más frecuentemente la válvula de succión permanece íntegra, mas se produce una fisura radial o se fragmenta cuando se la somete al golpe de líquido.



Foto 11



Foto 12

(Foto 11) - Este es el conjunto biela y pistón retirado del mismo compresor de la foto 7. La avería del pistón se produjo cuando entró en contacto con los pedazos de la válvula rota.

Cuando se encuentra este tipo de avería, los cilindros son generalmente dañados al punto de precisar ser reparados.

De la misma forma, otros compresores pueden presentar daños de la válvula de succión y descarga del conjunto plato de válvulas cuando se los somete a casos severos de golpe de líquido. La parte superior del pistón presentará, en general, marcas causadas por el contacto con fragmentos de las paletas.

Siempre que observe avería de las paletas, retire el motor y examine cuidadosamente el estator y el rotor. Es posible que fragmentos de las paletas se hayan alojado en el estator del motor o en sus bobinas, donde podrán causar futuros puntos de quema. Este asunto será explicado con más detalles en el ítem “Problemas Eléctricos”, página 33.

## CAUSAS DEL GOLPE DE LÍQUIDO

### Retorno del Refrigerante Líquido al Compresor Debido a Válvula de Expansión Impropia

Una válvula de expansión no debidamente súper dimensionada se transforma en una de las principales causas de retorno de líquido y del golpe resultante. Mientras que una válvula súper dimensionada podrá funcionar bien en carga total, podrá perder el control cuando trabaje en carga parcial. La razón es que en carga parcial, la válvula intenta mantener el control en su ajuste de supercalentamiento, sin embargo por su puerta súper dimensionada pasa más líquido que el necesario. Eso superalimenta el evaporador, causando una rápida reducción en el supercalentamiento del gas de salida. En respuesta a

eso, la válvula se cierra hasta que el supercalentamiento sea restablecido. En ese punto la válvula se abre nuevamente para dar paso a una nueva porción de líquido. Esa condición de búsqueda (hunting) permitirá que el líquido fluya a través del evaporador y para dentro de la línea de succión, donde podrá entrar en el compresor y causar daños.

Es importante notar que algunos productos compactos son intencionalmente proyectados con válvulas de expansión reguladas para mayores capacidades. En tal caso, la válvula ha sido cuidadosamente regulada y testada para garantizar que atenderá los objetivos específicos del proyecto. No confunda ese tipo de selección de válvula con el tipo de válvula seleccionada en el “campo” y discutida arriba.

En muchos casos, algunas válvulas instaladas en el campo son seleccionadas por personas no expertas. Un técnico experto debe desconfiar de válvulas instaladas en el campo.

### Retorno de Refrigerante Líquido Debido a la Carga Reducida

Flujo reducido de aire a través de una serpentina de expansión directa, resultando en el congelamiento de la serpentina. El hielo aísla las superficies de transferencia de calor de la serpentina, lo que reduce aun más la carga que la serpentina realmente percibe.

En tal condición de carga reducida de la serpentina, la válvula de expansión generalmente no es capaz de un control preciso. De cierta forma es súper dimensionada para el trabajo que está intentando hacer y se comportará de la misma manera como ya ha sido descrito en relación a la válvula de expansión impropriamente dimensionada. Un enfriador de agua mostrará los mismos síntomas cuando esté muy incrustado o el flujo del agua sea bajo.

### Retorno del Refrigerante Líquido Debido a la Mala Distribución del Aire en el Evaporador

Problema semejante podrá encontrarse cuando la distribución de aire a través de la fase de un evaporador no sea uniforme. La mala distribución del aire causa una carga desigual de los circuitos de refrigerante de la serpentina, resultando en una temperatura de succión irregular, sentida por la válvula de expansión. Eso puede hacer que aún una válvula adecuadamente proyectada “busque”, oscile (“hunt”), resultando en un posible retorno de refrigerante líquido a través de los circuitos poco cargados.

La mala distribución del aire se puede evidenciar por puntos congelados o por la aparición de puntos de condensación en la serpentina.

### Migración de Refrigerante

Migración es el resultado de la condensación de refrigerante en la parte más fría del sistema. El refrigerante que circula como vapor se retiene en forma de líquido cuando se condensa en el local más frío. Generalmente ese local es el compresor o el evaporador cuando las temperaturas ambientes externas son elevadas.



La migración del refrigerante constituye una preocupación, principalmente en las instalaciones donde el compresor se encuentra instalado en un nivel más bajo que el del evaporador y/o condensador.

Para evitar la migración de líquido refrigerante proveniente del condensador, se recomienda instalar una válvula de retención en la línea de descarga del compresor. Es interesante también colocar un “sifón invertido” en la entrada del condensador.

En el caso del evaporador, se recomienda siempre que sea posible hacer la parada del compresor por recolección de líquido (pump down system). Sería muy importante también instalar un “sifón invertido” inmediatamente en la salida del evaporador, ya que podrá haber una pérdida a través de la válvula solenoide de la línea de líquido, la que normalmente no posee un cerramiento absolutamente hermético. Eso significa que, con el tiempo, un gran porcentaje de carga de refrigerante terminará entrando en el evaporador y será impedida de entrar por la succión a través del sifón.

Obviamente, en caso que esta recomendación no sea tomada, grandes cantidades de refrigerante líquido retornarán a través de la línea de succión y /o descarga, resultando en golpe de líquido y dilución de aceite.

Es importante notar que la migración de líquido refrigerante para el compresor no se evitará por la existencia de un calentador del aceite del carter. La cantidad de refrigerante involucrada superará la capacidad del calentador y consecuentemente romperá el compresor por golpe de líquido.

### Retorno de Aceite

El retorno de aceite puede ser tan perjudicial como el retorno de refrigerante líquido apenas en términos de golpe de líquido. Un sistema de tuberías bien proyectado promoverá un movimiento uniforme del aceite, evitando la acumulación de golpes nocivos de aceite.



Figura 13



Figura 14

Se debe prestar atención a las tuberías del sistema, por ejemplo, en los sistemas que deben funcionar por largos períodos de tiempo en carga mínima donde las velocidades del gas necesarios para el movimiento del aceite pueden ser insuficientes. Si un proyecto inadecuado de tuberías permite que grandes cantidades de aceite sean retenidas cuando está en carga mínima, el aceite podrá retornar como un golpe cuando el compresor vuelva a trabajar en capacidad más elevada.

Para evitar problemas de velocidad del gas, asociados a la operación en capacidad mínima, es absolutamente necesario que las prácticas aceptadas de proyecto y de dimensionamiento de las tuberías sean estrictamente seguidas.

El propósito principal del aceite en un sistema de refrigeración es el de lubricar las partes móviles del compresor. La operación de sistemas de control de aceite, principalmente con compresores en paralelo, es uno de los temas menos comprendidos del sistema en la refrigeración. Muchos ingenieros y técnicos de mantenimiento creen que el separador de aceite, el reservorio y los reguladores de nivel de aceite (boyas) son las que determinan el nivel de aceite de los compresores. *¡Este es un concepto equivocado!*

Es importante notar que la adición de un separador de aceite, reservorio y reguladores de nivel de aceite *no reducirá la cantidad de aceite en un sistema proyectado, instalado y operado adecuadamente.* El separador de aceite sirve para minimizar la cantidad de aceite que entra en el sistema. *Una vez que el equilibrio entre la cantidad de aceite que entra en el sistema y la que retorna al compresor es alcanzado, el reservorio de aceite y el regulador de nivel sirven solamente como depósito del exceso de aceite.*

Cualquier alteración en las condiciones de operación del sistema que rompa el equilibrio establecido (aceite entrando vs. aceite saliendo) será corregido o no, por el sistema de control de aceite dependiendo de las condiciones en las que el sistema se encuentra.

*La eficiencia de un separador de aceite tiene poco efecto en un sistema de refrigeración, en caso de que este sistema haya sido proyectado inadecuadamente, dimensión de tuberías incorrecta o esté con su mantenimiento mal hecho. Cuando estos hechos ocurren, tendremos aceite en exceso en las tuberías del sistema debido a la velocidad insuficiente del refrigerante que es necesaria para cargar el aceite de vuelta al compresor.* Es para este tipo de problema de aplicación que el sistema de control de aceite surgirá para “acomodar” el exceso de aceite. El exceso se notará cuando el sistema controlador actúe como un retardador y limitador de la cantidad de aceite en circulación en la tuberías entre los ciclos de deshielo (la velocidad del refrigerante, terminado el deshielo, es muy alta y “barrerá” el aceite que quedó perdido por el sistema de vuelta para el compresor).

Niveles de aceite en el compresor que suben drásticamente después del final del ciclo de deshielo son indicativos de alguna anomalía en el sistema. El problema debe ser identificado y corregido. El exceso de aceite disminuye la capacidad de cambio de calor en el evaporador y provoca el golpe de aceite dañando el compresor.



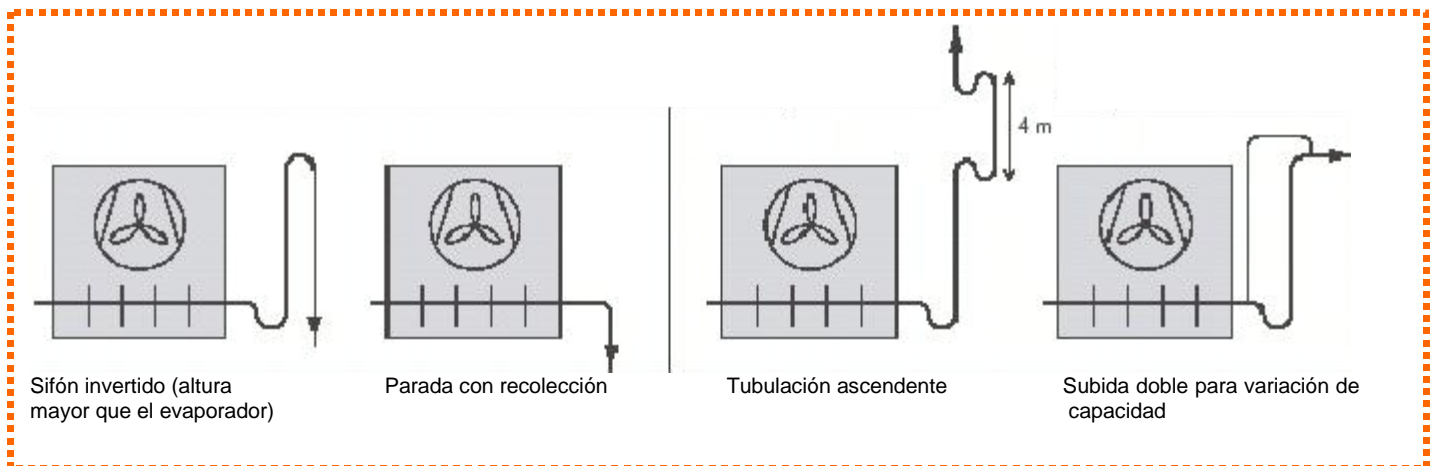
Los compresores conectados en la misma tubería de descarga y de succión no recirculan exactamente la misma cantidad de aceite, no todos los compresores tienen el mismo padrón de desgaste o los mismos períodos de funcionamiento. El propósito del sistema de control de aceite es el de compensar las diferencias moderadas entre la tasa de recirculación de los compresores individualmente debido al tamaño, tiempo de funcionamiento y desgaste de estos compresores. Existen diferencias moderadas en la cantidad de aceite que retorna a cada compresor a través de la línea de succión relativa a la cantidad que sale del mismo compresor a través de las líneas de descarga individuales.

Compresores recíprocos funcionando normalmente recirculan algo entre el 1% y el 3% de aceite por Kg. de refrigerante. Muchos “racks” tienen compresores diferentes instalados en un mismo “colector” de succión y de descarga para que sean operados selectivamente basados en la demanda de carga.

### Prácticas de Tuberías Para Garantizar Un Buen Retorno de Aceite

La tubería instalada apropiadamente es una de las llaves del éxito en el retorno de aceite. Algunas prácticas básicas deben aplicarse principalmente cuando se instala un sistema ramificado de tuberías.

La primera regla es utilizar sifones de aceite en la base de cada tubo “elevador” de succión, de descarga y de la línea de líquido, si es necesario. Disminuir el diámetro del tubo “elevador” para aumentar la velocidad del gas para 7.0 m/s o más, garantizando el arrastre de aceite. Disminuir el diámetro de las tuberías no solamente aumenta la velocidad del gas como también aumenta la caída de presión en la línea. La alta velocidad es necesaria para facilitar el movimiento de subida del aceite por el tubo.



**Figura 2: Diseño del tubo de succión en la salida del evaporador.**

La segunda regla es que la tubería horizontal tiene que estar apoyada y en declive por lo menos de 20 mm a cada 6 metros de longitud hasta el compresor para retornar el aceite. Por

causa de esta compensación de presión necesaria, velocidades cercanas a 2,5 m/s son normalmente encontradas en largos trechos de tubos horizontales.

La tercera regla práctica es asegurarse que las válvulas de expansión termostáticas estén adecuadamente ajustadas. Un supercalentamiento mayor que el normal disminuye la velocidad del gas en la salida del evaporador, dificultando el escape del aceite y disminuyendo la eficiencia del cambio de calor. Operando el sistema en la temperatura de saturación inferior a la determinada en el proyecto, también disminuirá la velocidad del gas de succión dificultando el arrastre del aceite, además de disminuir también la capacidad del compresor y alterar toda la performance del sistema frigorífico.

## **PROBLEMAS DE LUBRICACIÓN**

Dentro de las categorías comunes de problemas de lubricación del compresor están la dilución del aceite, la pérdida de aceite y la viscosidad reducida del aceite debido al supercalentamiento del compresor.

### Dilución del Aceite

Probablemente, el problema más común de lubricación es la dilución del aceite. Como el aceite posee una gran afinidad con el refrigerante se puede fácilmente entender cómo éste se puede diluir excesivamente por el refrigerante durante las paradas prolongadas, haciendo con que pierda gran parte de sus calidades de lubricación. Y dentro de ciertas bandas de temperatura normal, dependiendo del tipo de aceite, puede ocurrir que la mezcla de aceite y refrigerante se sature, causando la separación de los dos fluidos. La mezcla más densa, rica en refrigerante, busca la parte inferior del carter, mientras que la mezcla menos densa, rica en aceite busca la parte superior. Además de eso, cualquier refrigerante que haya migrado y condensándose en el evaporador va a diluir más aceite en el arranque.

Cuando se produce el arranque en un compresor con exceso de refrigerante en el carter, una mezcla rica en refrigerante es succionada por la bomba de aceite. Siendo un excelente solvente, el refrigerante lava el aceite de las bancadas. Además el aceite altamente diluido forma mucha espuma y puede hacer que la bomba de aceite pierda realmente su capacidad de bombear por algún tiempo, después de la presión del carter ser reducida en el arranque. Agregue a esa mezcla un golpe secundario de refrigerante migrado del evaporador y el escenario estará montado para una falla mecánica, debido a una severa dilución del aceite y a un lavado con refrigerante. Las calidades de lubricación mínimas del aceite espumoso, unidas a un flujo pequeño, o aún inexistente de aceite de la bomba y la acción de lavado de refrigerante líquido de la dilución, ocasionarán riesgos en las superficies de las bancadas, cigueñal, cilindros y conjuntos biela y pistón. El grado de desgaste que se produce durante cualquier arranque depende de la miscibilidad aceite y refrigerante.

La avería de la bancada causada por la excesiva dilución del aceite se limita generalmente a las bancadas de la biela más cercanas a la bomba de aceite. Las demás bancadas pueden no presentar daño porque la porción de refrigerante de la mezcla podrá fluir a través de las

bancadas de las bielas más cercanas a la bomba de aceite antes de que la mezcla alcance la extremidad del circuito de lubricación, lo que permitirá la lubricación adecuada de esos sectores.



Foto 15

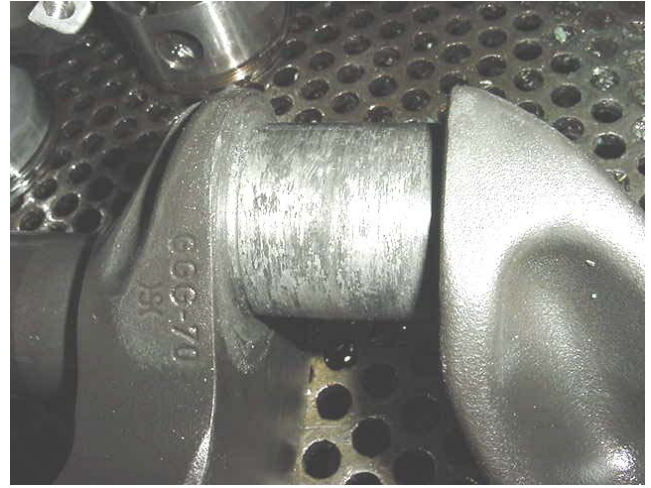


Foto 16

(Foto 15 y 16) – Estos son cigueñales que han sido sometidos a un lavado de refrigerante. El punto importante de esa observación es la forma por la cual el metal de las bielas de aluminio está literalmente esparcido en la superficie del cigueñal.

Los asientos de las bielas en el cigueñal no presentan cualquier decoloración característica proveniente de la temperatura porque el fallo sucedió casi que instantáneamente y el refrigerante en evaporación dentro del carter y de los orificios de lubricación absorbieron la mayor parte del calor resultante de la fricción. En un fallo tan rápido cuanto éste, el cigueñal no se recalienta.



Foto 17



Foto 18

(Foto 17) - Una biela del mismo compresor presenta una mancha semejante de aluminio de las superficies del cigueñal. Nuevamente la biela presenta una pequeña o ninguna decoloración causada por el calor.



Foto 19



Foto 20

(Foto 19 y 20) Enclabamiento de los aros de compresión en los pistones y gran desgaste de los pistones, son comunes cuando se produce una excesiva dilución de aceite y retorno de refrigerante. El motivo de ese tipo de falla se debe al hecho de que si una alta dilución está produciéndose debido a un lavado con refrigerante migrado, las paredes superiores del cilindro empiezan a desgastarse y eso resulta en la eventual traba y rotura del pistón dentro del cilindro o camisa.



Foto 21



Foto 22



(Foto 21 y 22) - La parte superior de estos pistones han sido rayadas cuando la pérdida del material de la biela resultó en holgura suficiente para el pistón golpear en las láminas de succión del conjunto plato de válvulas.



Foto 23



Foto 24

(Foto 23 y 24) – La bancada localizada en la extremidad de la bomba presenta manchas semejantes del material de los bujes de la bancada.

De esa aplanación, se hace aparente que las fallas ocasionadas por la dilución excesiva del aceite son tales que el metal de las superficies de contacto opuestas intenta fundirse, produciendo el aspecto manchado, con un indicio muy pequeño de calor excesivo después del punto de la falla.

### Causas de la Dilución del Aceite

La migración de refrigerante dentro de un circuito de refrigeración ocioso es una de las principales causas de la dilución de aceite. Conforme discutido anteriormente, el vapor refrigerante migra para la parte más fría del sistema por donde eventualmente se condensa. Eso continuará hasta que la relación presión/temperatura del refrigerante sea ecualizada a través de todo el sistema. Esa migración para el compresor es auxiliada por la afinidad aceite /refrigerante, comentado anteriormente.

Como el compresor está construido por una gran masa de hierro fundido, es el último a enfriarse en la parada y es típicamente el último componente del sistema de refrigeración a calentarse a medida que la temperatura ambiente se eleva. Consecuentemente, el compresor es frecuentemente la parte más fría del sistema después de varias horas de parada del equipamiento.

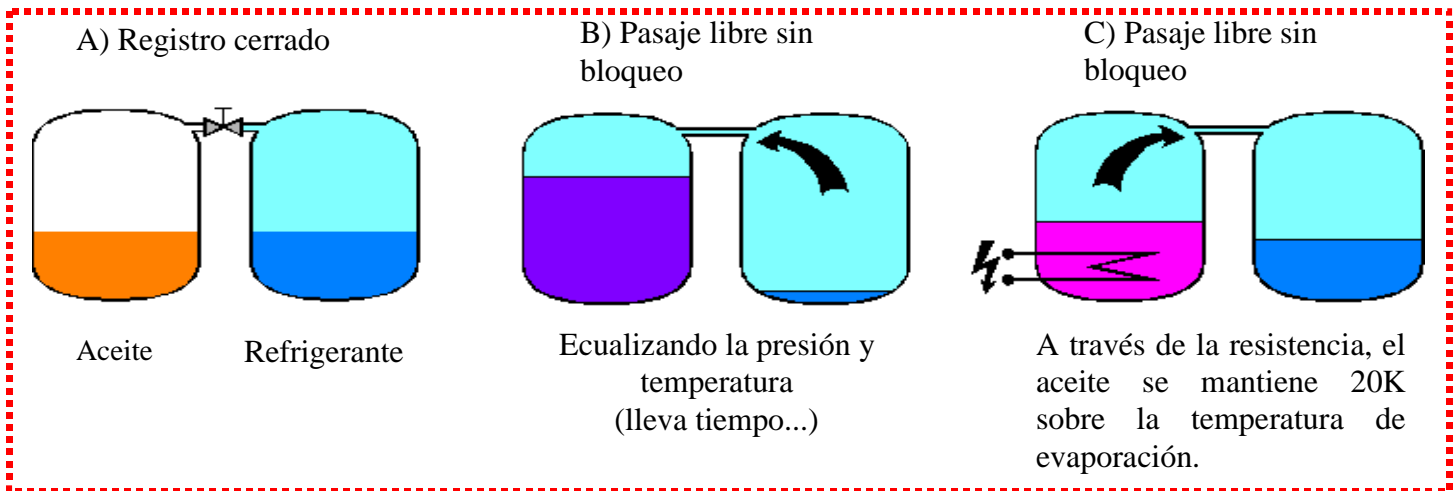
En el compresor, el lado del motor es un local donde el refrigerante emigrante se puede recoger y condensar. Además, como todos los aceites refrigerantes comúnmente utilizados tienen afinidad con el refrigerante, la dilución se produce fácilmente a no ser que se emplee un dispositivo preventivo para reducir afinidad aceite/refrigerante.

Para combatir ese proceso la mayoría de los compresores está equipada con resistencia de carter. Ese dispositivo preventivo funciona para mantener la temperatura del



aceite del carter entre 40 ~ 60°C (max. 70°C) para reducir la afinidad del aceite con el refrigerante, evitándose, así, la migración de líquido para el compresor.

Es importante que el carter esté siempre calentando el aceite, a través de la resistencia del carter, principalmente durante las paradas prolongadas del compresor. Vea en la figura abajo la importancia de la utilización de la resistencia del carter, la que a través del recalentamiento del aceite, disminuirá la miscibilidad (solubilidad) aceite y refrigerante.



**Figura 3: Solubilidad de Aceite y Refrigerante**

No es función del calentador de aceite evitar la dilución por refrigerante resultante de migración de otras partes del sistema o vaporizar la cantidad de refrigerante ya en dilución en el compresor.

### Pérdida de Aceite

La pérdida de aceite no permite que el cigueñal del compresor reciba lubricación o enfriamiento suficiente, lo que resulta en la generación de una cantidad excesiva de calor y desgaste en los agujeros de las bielas.



**Foto 25**



**Foto 26**

(Foto 25 y 26) - Compare estos cigueñales con el de la foto 16 y observe la diferencia de color. El color oscuro se debe al calor de la fricción resultante de la pérdida de lubricación. Observe también la apariencia de las superficies del cigueñal. Esas superficies muestran rayaduras finas, en vez de aluminio esparcido, que particularizaba el lavado por refrigerante. Aunque las finas rayaduras pueden también resultar de suciedad en el sistema, la principal diferencia en esos dos cigueñales es la decoloración por el calor y el tiempo más largo antes de la falla.



**Foto 27**



**Foto 28**

### Causas de la Pérdida de Aceite

Existen varias causas para la pérdida de aceite del compresor. Algunas de las causas comunes son ciclaje corto, excesiva espumación del aceite y largos períodos de funcionamiento en carga mínima, aliada a un proyecto inadecuado de la tubería.

Durante largos períodos de ciclaje corto, el compresor puede bombear aceite para dentro del sistema en una proporción mayor del que está retornando. Eso, lógicamente, trae como resultado un nivel de aceite reducido.

El ciclaje corto puede ser causado por baja carga de refrigerante lo que hace que el compresor entre en ciclo por el presostato de baja presión, por el estrecho ajuste en el diferencial del termostato de control, por las condiciones de carga mínima, etc. Todas esas condiciones son acompañadas de una baja masa de flujo de refrigerante lo que, por su vez, resulta en baja velocidad del gas.

Si el sistema está sujeto a fluctuaciones rápidas de carga, lo que causa arranques y paradas frecuentes, el ciclaje podrá eliminarse a través del empleo de un sistema de control de capacidad.

La espumación excesiva dentro del carter del compresor es otra causa de pérdida de aceite. Cuando el aceite hace espuma dentro del carter, él será arrastrado por el gas refrigerante y comprimido para dentro del sistema. Si la espumación persiste, es posible que el nivel de aceite pueda caer acentuadamente.

Cierta cantidad de espuma puede ser esperada cuando se da el arranque en un compresor. Aún más, como el refrigerante en exceso ha sido retirado del aceite (por la ebullición), la espumación disminuirá si el control del flujo de refrigerante del sistema es adecuado y si se está usando el tipo correcto de aceite recomendado por el fabricante.

La espumación persistente tiene dos causas principales: o se está usando un aceite inadecuado, o el aceite del carter se está diluyendo por refrigerante líquido. La causa del retorno de refrigerante líquido al compresor se encuentra discutida más bajo “Causas del Retorno de Líquido” o “Migración”.

En los compresores de 2ª Generación de Bitzer se recomienda que el retorno de aceite proveniente del separador de aceite se haga por el lado del motor. Siendo así, el aceite será enfriado por el gas de la succión y centrifugado por el motor eléctrico. Con la centrifugación, el mismo será desgasificado y disminuirá el efecto indeseado de la espumación.

## **ELEVADAS TEMPERATURAS DE DESCARGA DEL COMPRESOR**

El supercalentamiento del compresor y el resultante recalentamiento del aceite provocan que el aceite pierda su viscosidad. Con la viscosidad reducida, el aceite no puede lubricar las partes móviles adecuadamente. La falta de lubricación, por su vez, puede hacer que las superficies de las bancadas se recalienten excesivamente, resultando en desgaste intenso, adherencia de las partes y carbonización del aceite.

Un hecho que típicamente acompaña el recalentamiento del compresor es el desgaste del pistón. Dado que el índice de expansión térmica del pistón de aluminio es mayor que el del cilindro de hierro fundido, el pistón virtualmente se torna mayor que el diámetro interno del cilindro en altas temperaturas, haciendo con que el pistón se desgasta y no pueda trabajar. En muchos casos, el área de trabajo de los aros no es dañada porque el enclavamiento del pistón sucede antes de que pueda ocasionarse el daño de esa área.



**Foto 29**



**Foto 30**

(Foto 29) - Esta foto ilustra ciclos bien iniciales de carbonización del plato de válvulas. La alta temperatura de descarga puede originar que el aceite se carbonice en el conjunto plato de válvulas, principalmente en las pistas de las láminas de alta presión. En la Foto 30 vemos un plato de válvulas bastante dañado por la alta temperatura de descarga.

En casos extremos, el aceite carbonizado puede restringir el movimiento de la lámina, ocasionando el pasaje del gas de descarga de vuelta para la succión. Eso confiere una presión decreciente constante al pistón, tanto en el curso de admisión como en el de compresión.



**Foto 31**



**Foto 32**

(Foto 31) - El pistón del conjunto biela y pistón superior, por ejemplo, ha sido sometido a ese tipo de presión decreciente constante. La parte inferior de la superficie de la bancada del eje del pistón quedó sin lubricación, lo que produjo un desgaste excesivo.



La lubricación del eje del pistón depende de la reversión de carga en el eje. En el curso de compresión, la superficie inferior de la bancada es cargada, permitiendo que la nube de aceite penetre en el espacio entre el eje y la superficie superior de la bancada. Después de que el pistón invierte el curso, la carga se transfiere para la superficie superior de la bancada permitiendo que el aceite penetre en el espacio entre el eje y la superficie inferior de la bancada.

Cuando un pistón está bajo presión decreciente constante, esa transferencia de carga para la superficie superior de la bancada no se produce y la superficie inferior de la bancada no recibe lubricación adecuada.



**Foto 33**



**Foto 34**

(Foto 33) - Este conjunto biela / pistón ha sido retirado de un compresor en el cual la bomba de aceite estaba intacta y aparentemente en razonables condiciones de funcionamiento.

El color oscuro del pistón se debe evidentemente al calor en el compresor resultante de la mala calidad de lubricación del aceite súper recalentado, con su resultante decoloración, o de alguna otra fuente de calor. La biela se rompió cuando se quedó adosada en el cigueñal. Después de que la biela haya sido quebrada y desprendida del eje, la parte superior ha sido arrojada para dentro del pistón, quebrando un pedazo de la pollera.





**Foto 35**



**Foto 36**

(Foto 35) - Estas son bielas que han sido retiradas de otro compresor. Noten el aspecto de la superficie de contacto con el cigueñal. La superficie presenta finas ranuras, diferentemente de la apariencia manchada, característica de lavado. El calor excesivo que acompañó esta falla se evidencia por el oscurecimiento de la biela en el área adyacente a la de la superficie que entra en contacto con la superficie del cigueñal.

### Causas de Elevadas Temperaturas de Descarga del Compresor

Entre las causas comunes de elevadas temperaturas de descarga del compresor se encuentran la alta razón de compresión (baja presión de succión y alta presión de descarga), baja carga de refrigerante y control de la capacidad del compresor abajo de sus límites de proyecto. Cada una de esas condiciones lleva al mismo resultado – bajo flujo de la masa de refrigerante. Como el calor del motor y el calor de fricción producido por un compresor están siempre presentes, cualquier condición que reduzca el flujo de gas refrigerante abajo del mínimo exigido por el proyecto priva al compresor del enfriamiento necesario, produciendo una condición de elevadas temperaturas de descarga del compresor.

En el caso de que eso ocurra, verifique las temperaturas del aceite y descarga. La temperatura del aceite se toma en la superficie externa del carter. De la misma forma, la temperatura de descarga se toma en la superficie del tubo de la línea de descarga, a una distancia equivalente a 10 cm. de la válvula de servicio de alta presión.

Esas temperaturas deben tomarse en superficies planas y limpias, libres de pinturas, corrosiones, etc. El termómetro debe estar firmemente fijado en la superficie y aislado para obtenerse la mejor lectura posible. Las lecturas obtenidas no serán precisas debido a las pérdidas de conducción de calor a través del metal. Esta es una consideración importante al utilizarse las orientaciones sobre las temperaturas mencionadas más abajo.

La viscosidad del aceite se minimiza cuando el aceite llega a una temperatura entre 85°C y 95°C. Cualquier lectura de temperatura del aceite dentro de esa banda, agranda las

probabilidades de que las películas de aceite se destruyan, resultando un contacto de metal-con-metal y eventual fallo mecánico.

La temperatura de descarga, por otro lado, no debe exceder 125°C, ya que si no la temperatura en el área de los cilindros del compresor puede estar aproximándose a un punto que puede ser perjudicial al aceite.

Esa banda de temperatura no debe encararse como una estricta línea divisoria entre el bien y el mal. El proceso de descomposición del aceite se extiende sobre una amplia banda de temperatura y en las bandas citadas, ese proceso está en un estado de descomposición acelerada. Es esa la razón por la cual esa banda de temperatura es crítica y sujeta a muchas otras variables.

Una alta razón de compresión generalmente se atribuye a problemas con el condensador, problemas con el evaporador, al inadecuado control del sistema, o a una combinación de esos tres problemas. La solución para ese problema es verificar la limpieza del evaporador y del condensador, la tasa de flujo de aire o de agua del condensador y del evaporador y las temperaturas de entrada y de salida del agua o del aire. Además de eso, el funcionamiento y el control del sistema deben ser estrechamente controlados para identificar cualquier otra forma de funcionamiento que pueda contribuir al bajo flujo de la masa de refrigerante.

Por otro lado, la baja carga de refrigerante se caracteriza por la presencia de burbujeo de gas en el visor de la línea de líquido, por la baja presión de succión y por el gas de succión altamente súper recalentado. Está claro que la solución para ese problema es agregar refrigerante al sistema. Obviamente, antes de eso, se debe determinar la causa de la pérdida de refrigerante.

Finalmente, la colocación de control de capacidad de un compresor abajo de la capacidad mínima especificada por la Bitzer, podrá ocasionar una masa de flujo de refrigerante menor que el exigido para el adecuado enfriamiento del compresor. La solución es limitar el control de capacidad del compresor para aquella especificada por la Bitzer para las condiciones existentes de proyecto del sistema.

## PROBLEMAS DE CONTAMINACIÓN DEL SISTEMA

Algunos de los contaminantes más frecuentemente encontrados en los sistemas de refrigeración son: humedad, óxido de cobre, suciedad, etc.

### Humedad

La presencia de agua en forma de humedad en un sistema frigorífico puede llevar a otras contaminaciones debido a la formación de oxidación, a la corrosión, a la descomposición del refrigerante, o a la deteriorización en general. Aliándose a cada uno de esos problemas con el consecuente daño que podrá ocasionarse con su presencia, otras fallas podrán tornarse obvias. Calor excesivo por motivo de la fricción, encobrado (copper plating) y desgaste innecesario de las superficies de precisión en contacto, todo eso puede estar unido a ese contaminante. Además la formación de hielo en la válvula de expansión restringirá el flujo de refrigerante o lo interrumpirá completamente. En algunos casos podrá ocurrir la formación de hielo alrededor de las paredes internas de la serpentina del evaporador, dificultando el cambio de calor entre el refrigerante con el ambiente que será enfriado.

Uno de los medios de detectar la presencia de humedad en un sistema es a través del análisis del aceite lubricante del compresor. Se debe retirar una muestra de aceite y enviarla a un laboratorio especializado en análisis de aceite. La cantidad de humedad contenida en el aceite no deberá exceder 50 ppm. (para mayores informaciones recomendamos ver el Boletín de Ingeniería nº 06 de la Bitzer).

En una instalación que haya sido adecuadamente instalada y deshidratada no existe virtualmente ninguna forma de que la humedad represente un problema inicial en cualquier sistema frigorífico.

Si hay una pérdida en un enfriador de agua (chiller), de forma que entre agua en el sistema de refrigeración, la pérdida resultante de refrigerante sería aparente mucho antes de que la humedad pueda convertirse en problema.



Foto 37



Foto 38

## Causas de la Humedad

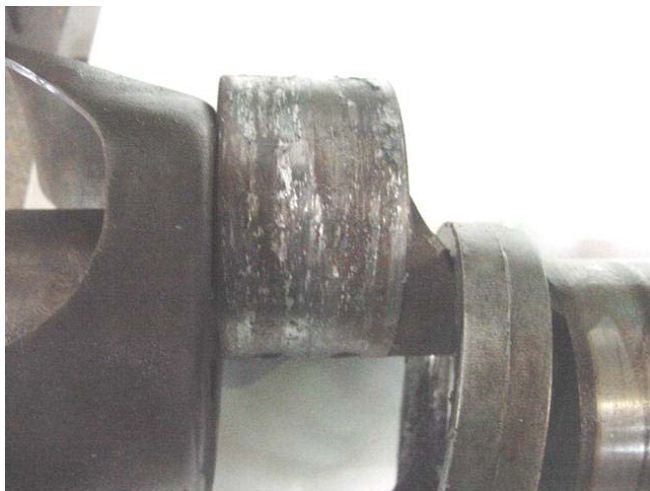


Foto 39



Foto 40

La principal causa o fuente de contaminación por humedad la representa el aire introducido en el sistema durante la instalación de las tuberías de cualquier línea de refrigerante. Otra forma de introducción de humedad en el sistema son los aceites refrigerantes inadecuadamente manipulados y usados como sustitución del aceite del compresor por el personal técnico responsable. Eso podrá evitarse siguiendo las recomendaciones de la Bitzer en relación a la utilización correcta del aceite y realizando su cambio periódico. Esas informaciones pueden ser obtenidas a través de los Boletines de Ingeniería 06, 12, 13 y 14.

Sin métodos apropiados de evacuación y deshidratación del sistema frigorífico, cantidad suficiente de agua para inducir la corrosión y acelerar la formación de otras formas de contaminación descritas anteriormente podrá permanecer en las líneas de refrigerante. Además del análisis de la cantidad de agua contenido en el aceite, la humedad también podrá ser detectada con el empleo de visor de líquido con indicador de humedad, instalado en la línea de líquido.

Un procedimiento común de campo usado para la remoción de la humedad de un sistema es el método de evacuación seguida de la “rotura del vacío”. Se recomienda romper el vacío cuando la evacuación llegue cerca de 500 micrones de mercurio. Realizar este procedimiento por lo menos dos veces utilizando nitrógeno seco, ya que el mismo absorberá lo restante de la humedad contenida en el sistema y también reducirá el tiempo necesario para deshidratación. Es importante recordar que la remoción de la humedad residual de un sistema exigirá un largo proceso de evacuación en caso de que no se haga la rotura del vacío. A 711 mm de Hg. (50.800 micrones de mercurio), el agua hierve a aproximadamente 38°C. Obviamente, es impracticable aumentar la temperatura de todo el sistema arriba de 38°C. El único medio práctico para deshidratar eficazmente un sistema contaminado con humedad es el empleo de una bomba de vacío capaz de producir una “depresión” (presión efectiva negativa) inferior a 250 micrones de mercurio.



El factor tiempo para la remoción del agua es frecuentemente ignorado. Lleva tiempo evaporar el agua retenida en un sistema usando apenas el calor que llega de las temperaturas ambientes. Recuérdese que el agua está cambiando de estado y que existe una carga latente al evaporarse (hervir) el agua. Se recomienda verificar, a través de un vaciómetro confiable, el nivel del vacío realizado en el sistema. La tabla de las unidades de vacío se encuentra en el Boletín de Ingeniería nº 15.

Otra consideración importante es el tamaño de la bomba de vacío. Una bomba muy grande puede reducir la presión tan deprisa que el agua se congele, haciéndose casi imposible su remoción. Existe también, la posibilidad de ocurrir daños en ciertas partes de la serpentina o de las tuberías, en caso de que haya congelamiento.

#### Contaminación por Suciedad o por Aire



**Foto 41**



**Foto 42**

Materiales extraños, tales como suciedad, flujo de soldadura, o productos químicos, junto con el aire, producen desequilibrios químicos que provocan la ruptura de las moléculas de aceite. Esa condición, aliada al calor oriundo de las altas temperaturas de descarga del sistema y de las temperaturas de fricción, puede resultar en la formación de ácidos, inscrutación (lodo) o en una combinación de ambos.

Asociada a la creciente fricción que ese proceso puede producir, el sistema entero inicia un proceso de autodestrucción. Además de los problemas básicos introducidos, reacciones químicas más complejas resultan en la formación de óxidos y de los elementos necesarios para el cobreamiento (copper plating).

#### Causas de la Contaminación por Suciedad y por Aire

Además de la humedad, la suciedad y el aire provenientes de malas prácticas de instalación pueden ocasionar problemas serios después de que el sistema es colocado en funcionamiento. Se puede evitar que la suciedad entre en el sistema frigorífico, certificándose

de que solamente tubos limpios y deshidratados se estén utilizando en los sistemas construidos en el campo. Evacuación adecuada y pasaje de nitrógeno seco en la tuberías (aprox. 1psig) durante el proceso de soldadura de los tubos evitarán los problemas causados por el aire (oxidación).

Una fuente de suciedad y de aire (juntamente con la humedad del aire) en una operación normal de mantenimiento puede ocurrir mientras se adiciona aceite al compresor. Como el aceite posee fuertes características oxidantes y puede fácilmente retener aire y agua, se debe tomar cuidado al realizar el cambio de aceite del compresor.



Foto 43



Foto 44

### Óxidos

Los óxidos pueden aparecer bajo la forma de:

Óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) –	(óxido de hierro rojo)
Óxido ferroso férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_4$ ) –	(óxido de hierro negro)
Óxido cuproso ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) –	(óxido de cobre rojo)
Óxido cúprico ( $\text{CuO}$ ) –	(óxido de cobre negro)

Ninguna tentativa debe ser hecha por el técnico para determinar, a través de la coloración, el contaminante exacto. Eso debe ser hecho por el análisis químico. Además, debido a la combinación de contaminantes, el color negro básico del producto resultante que verá le dará pocos indicios referentes al origen.



**Foto 45**



**Foto 46**

(Foto 45) - Esta fotografía compara las condiciones de 3 filtros de aceite. El filtro de arriba está limpio, mientras que el del centro y el de abajo están contaminados. El contaminante es un óxido que ha sido retirado de las paredes del tubo o de dentro del compresor por el refrigerante y llevado al carter, donde ha sido depositado en la superficie de los filtros.

Está claro que un filtro obstruido priva el flujo de aceite a ser arrastrado por la bomba de aceite para una adecuada lubricación de las bancadas, cingueñal, biela y pistón, etc., causando una rotura mecánica prematura del compresor. La característica de ese tipo de desgaste es semejante a aquella causada por la pérdida de aceite de la foto 11. Muchas veces es posible ver fragmentos del material oxidado enclavado en las superficies de las bancadas.

La extensión del daño depende de la reducción del flujo del aceite. La bancada intermedia (principal) y los agujeros de las bielas ubicadas en la extremidad del pasaje de aceite en el cingueñal serán afectados en primer lugar. El compresor de la foto 46 sufrió exactamente este tipo de rotura mecánica justamente porque el filtro de arrastre de aceite estaba atascado por óxidos, aunque el carter estuviese con el nivel de aceite hasta la mitad de la altura del visor, por causa de la obstrucción del filtro, no hubo lubricación de las partes móviles del compresor.

### Causas de la Presencia de Óxidos

La formación de óxidos en las paredes internas de los tubos se produce cuando el calor, aplicado por el soldador, se aplica en la presencia de aire. La oxidación se evita dislocando el aire dentro del tubo con un gas inerte, tal como el nitrógeno seco, antes de aplicar el calor. Se obtiene una atmósfera rica en nitrógeno dentro del tubo colocando una cinta engomada sobre la extremidad abierta del tubo, opuesta a la conexión de nitrógeno.



Se hace un pequeño agujero en la cinta y se ajusta el flujo de nitrógeno hasta que se pueda sentir el gas escapando por el agujero. Esta presión, a ser aplicada con nitrógeno seco, deberá regularse en torno de 1psig.

En el caso de encontrarse vestigios de esos óxidos en el sistema frigorífico, los mismos podrán ser retirados instalando un filtro para limpieza en la línea de succión para retener el material antes de que pueda entrar en el compresor. El aceite es entonces cambiado, conforme sea necesario, hasta que quede limpio. La Bitzer siempre recomienda la instalación de un filtro en la succión del compresor para limpieza en los casos en los que el evaporador esté distante del compresor, ya que solamente el filtro secador de la línea de líquido no garantiza la total limpieza del sistema.

#### Cobreamiento (copper plating)

Las piezas en las que el revestimiento de cobre se encuentra más frecuentemente son las piezas de tolerancias rígidas que funcionan a altas temperaturas, como el conjunto plato de válvulas del compresor, el cingueñal y la bomba de aceite. El origen del revestimiento está en el sistema de tuberías.

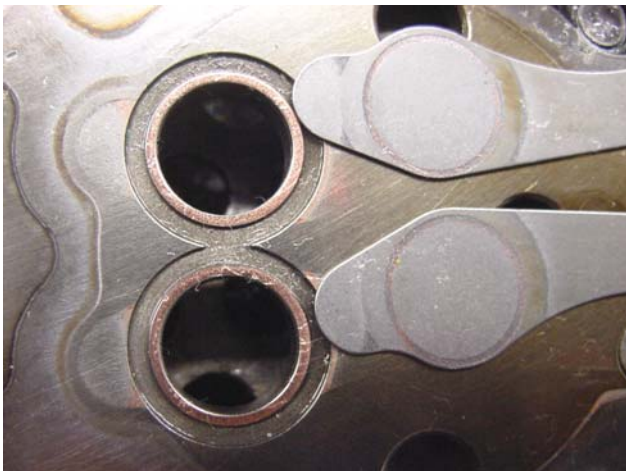


Foto 47

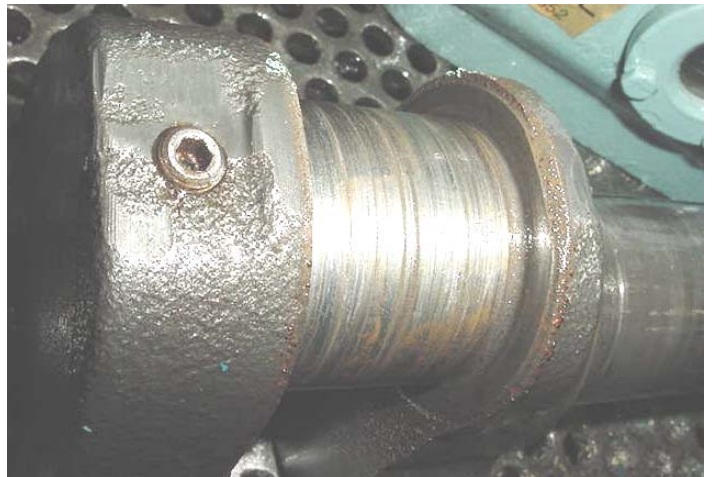


Foto 48

(Foto 47) - La superficie de las pistas de sellado de las láminas de succión del conjunto placa de válvulas presenta la formación del cobreamiento. El motivo ha sido ocasionado por el exceso de humedad contenida en la instalación. Los compresores del tipo abierto también sufren con la formación del cobreamiento en el sello mecánico, reduciendo su eficiencia de sellado cuando los copos de cobre quedan enclavados en la cara de los anillos de grafito.



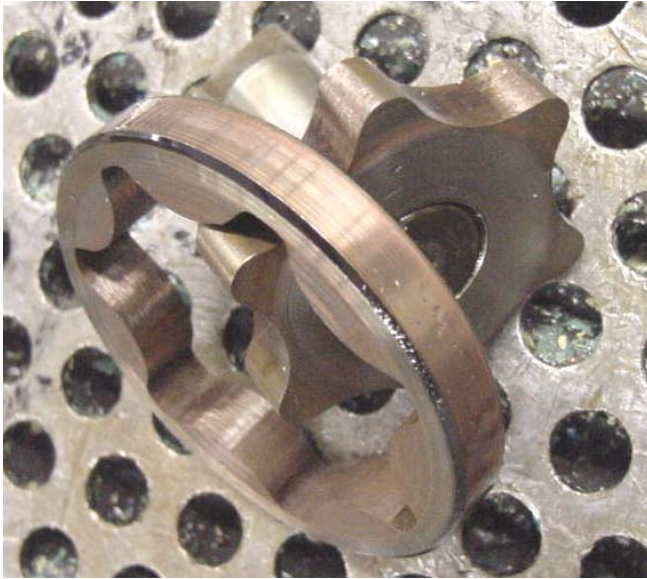


Foto 49



Foto 50

(Foto 49) - En esta ilustración, la bomba de aceite se encuentra altamente revestida de cobre. Para funcionar adecuadamente, una bomba de engranajes como ésta precisa construirse dentro de tolerancias muy rígidas. En consecuencia, un depósito de metal en las piezas de la bomba puede cerrar los pequeños espacios (holguras), provocando desgaste y trabamiento del engranaje de la bomba y eventual avería mecánica. Después que eso se produce, hay una gran probabilidad de que ocurra una avería adicional de las bancadas, cingueñal y del conjunto biela y pistón, aunque el compresor se apaga debido a la falta de aceite poco tiempo después.

Típicamente, el daño adicional se produce cuando los operadores o técnicos de mantenimiento rearmen el presostato de aceite varias veces para continuar con el compresor en funcionamiento, sin percibir que hubo pérdida completa de lubricación forzada dentro del compresor.

#### Causas del cobreamiento (copper plating)

El encobrado se da en dos fases. Primeramente, el cobre se disuelve en los subproductos de una reacción aceite/refrigerante. La cantidad de cobre disuelto se determina por la naturaleza del aceite, por la temperatura y por la presencia de impurezas. En la segunda fase, el cobre disuelto es depositado en las partes metálicas, en una reacción electroquímica subsiguiente.

El denominador común, tanto de la disolución como de la deposición del cobre, es la alta temperatura. Un segundo factor para la formación del cobreamiento es el uso de aceite impropio, no recomendado por la Bitzer. Ciertos aceites reaccionan más fácilmente con los refrigerantes que otros, bajo altas temperaturas, ocasionando la disolución del cobre. Finalmente, la presencia de aire, humedad y otros contaminantes, todos aceleran la deposición de cobre.

Para evitar fallas repetidas por causa de la formación del cobreamiento, analice y corrija la causa o las causas de las altas temperaturas de operación, use apenas aceites recomendados por la Bitzer y evacue el sistema dos o tres veces para garantizar la remoción del aire y de la humedad. Se recomienda también la instalación de filtros secadores con alto poder en la absorción de humedad.

### Aceites Impropios

La elección de los aceites para el compresor por el fabricante es un proceso mucho más detallado de lo que la mayoría de los técnicos de mantenimiento pueda imaginar. Los aceites son elegidos conforme sus componentes analíticos para atender los objetivos de lubricación adecuada dentro de ciertas bandas de temperatura y con estabilidad química. Otras propiedades, como el punto "aniline" que afecta el sellado y la dilatación del anillo "o`ring" y aquellos que limitan la estratificación del aceite/refrigerante en las bandas más bajas de temperatura de funcionamiento del sistema, también deben ser consideradas.

Solamente aceites testados y recomendados por la Bitzer pueden ser usados con total seguridad por largo tiempo y sin problemas. Otros aceites también pueden ser usados con éxito, pero no es práctico para ningún fabricante testar todos los aceites disponibles para determinar su adecuación para uso prolongado. En caso de dudas con relación al el tipo de aceite a ser utilizado, se recomienda consultar siempre a la Bitzer. En el Boletín de Ingeniería nº 06 aparece una relación de los aceites aprobados por la Bitzer.

## **PROBLEMAS ELÉCTRICOS**

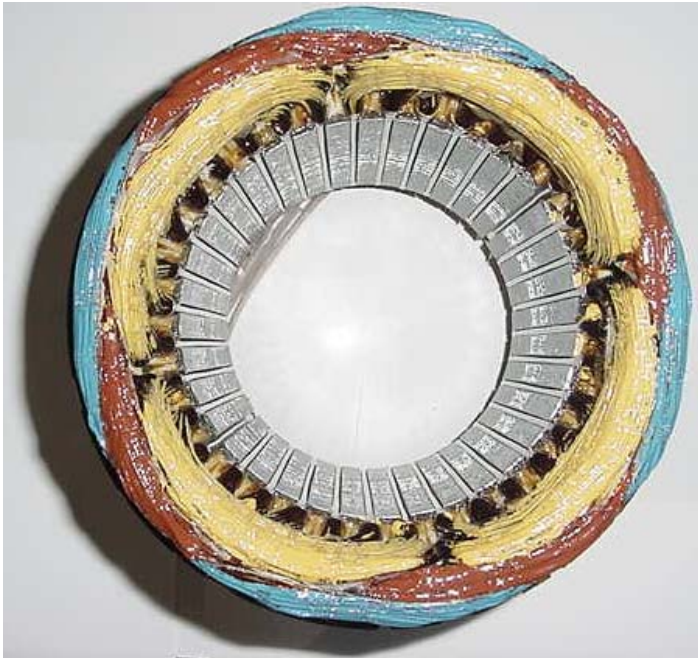
La primera reacción de todos los técnicos de mantenimiento al ver por primera vez una quema de motor en un compresor es juzgar que, o el motor o algún componente del sistema eléctrico falló. Aunque a veces es difícil de probar, ese no es generalmente el caso. La mayoría de las quemas de motor producidas están relacionadas con el sistema frigorífico, tales como las áreas anteriormente discutidas. Todas las tentativas deben hacerse para determinar la causa de la falla, antes de pensar que el motor estaba con problemas. Si el dispositivo de protección del motor INT69 y otras protecciones eléctricas que puedan existir, tales como: relé de sobrecarga, disyuntor motor, relé de falta de fase, etc., estaban funcionando adecuadamente, es extremadamente difícil que una falla catastrófica se deba apenas a medios eléctricos.

Algunos de los problemas comunes del compresor relacionado con la parte eléctrica se originan en la falta de fase en una de las tres fases, del bajo voltaje (subtensión), de bobinamientos en cortocircuito, de súper recalentamientos, de arrastre del rotor y de problemas de comando eléctrico.

Quando un motor falló se recomienda que los bobinamientos se limpien para su inspección. Su apariencia generalmente llevará a la causa aparente de la falla.

Antes de continuar, los bobinamientos del estator de un motor trifásico, de cuatro polos deberán examinarse. La identificación de los bobinamientos de cada una de las tres fases es importante al diagnosticarse un problema del motor.

Los motores se encuentran disponibles con 3, 6, 9 y 12 cables. Aún más, independientemente del número de cables, la apariencia general del bobinado del estator de esos motores es la misma.

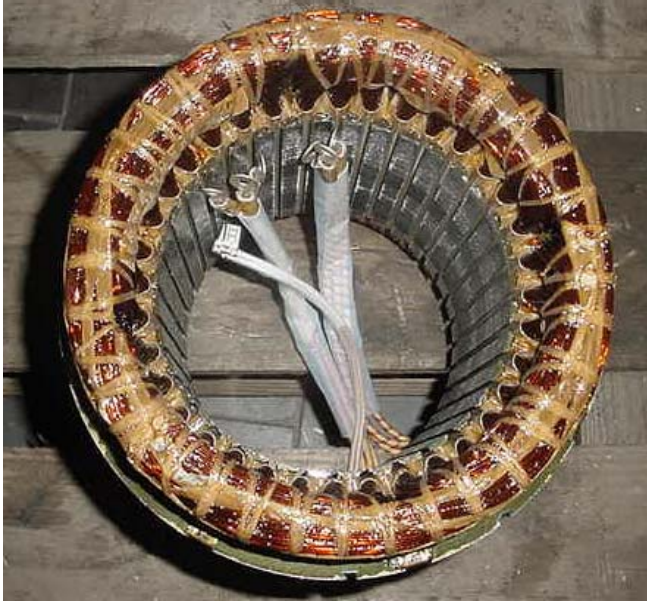


**Foto 51**

(Foto 51)- Esta foto ilustra la disposición de la bobina del estator de un motor trifásico, de cuatro polos. Para este propósito, las cuatro bobinas o polos, de cada una de las tres fases tienen el mismo color, para facilidad de identificación.

Observe que las bobinas de las tres fases aparecen en la serie de colores: amarilla, que representa una fase, y que se repite a cada intervalo de 90 grados; azul, que representa otra fase; y rojo, que representa la última fase, que también se repite a cada intervalo de 90 grados.





**Foto 52**

(Foto 52) - Los bobinamientos de la fase de un motor típico son también fácilmente identificados porque cada enrolamiento es separado de los otros por una barra aislante.

### Quema Completa



**Foto 53**



**Foto 54**

(Foto53 y 54) - Hay mayor probabilidad de producirse una quema completa cuando el motor está en la posición de parada. En el momento en que el motor se energiza, las demandas eléctricas y físicas sobre los bobinamientos son las más fuertes. Si en esa ocasión la tensión es baja o el compresor está mecánicamente trabado, el motor se quemará, a no ser que los relés de sobrecarga sean disparados dentro de un espacio de tiempo muy corto. Cuando un motor se quema en la posición parada, la hollín y otros



subproductos de la quema quedan confinados en el lado de succión del sistema. Eso podrá ayudarlo en su diagnóstico.

Con la ausencia de una protección adecuada del motor, otra causa de quema es el inadecuado enfriamiento del motor debido a un flujo reducido, o inexistente, del gas de succión. Como ese tipo de quema se produce cuando el compresor está funcionando, los subproductos de la quema son frecuentemente llevados para el lado de descarga del sistema.

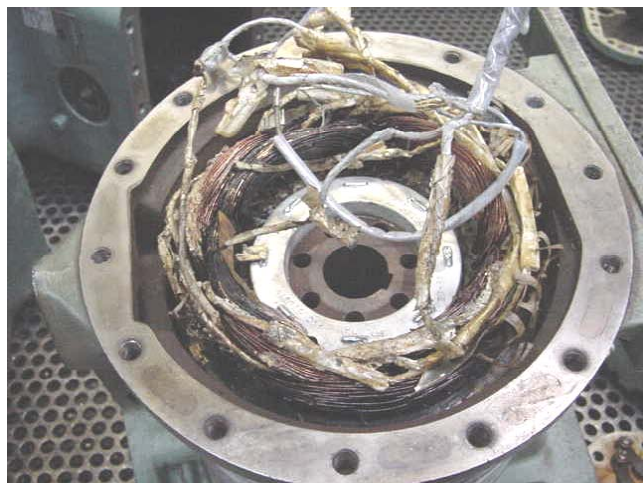
### Causas de Quemadas Completas

Cuando todas las fases del motor están quemadas, verifique el compresor para ver si está libre. Si el compresor está libre y parece estar en razonables condiciones de funcionamiento la causa del problema puede ser eléctrica. El análisis eléctrico deberá iniciarse con la verificación de la tensión eléctrica y del desequilibrio de fase. La tensión eléctrica deberá estar dentro de más o menos un 10% de la tensión de placa del compresor y el desequilibrio de fase no deberá exceder el 2%.

Si por otro lado, las partes mecánicas están presas, se puede pensar que la causa de la quema del motor y de la falla del compresor es mecánica. Cuando sea ese el caso, se necesitan mayores investigaciones para determinar el origen de la falla mecánica.



**Foto 55**



**Foto 56**

(Foto 55 y 56) Otra causa del problema podrá ser el bajo flujo de gas de succión o inexistencia de flujo. Verifique la condición del contactor, si los contactos están soldados (pegados), es posible que el compresor haya recogido el gas del sistema y haya dejado de funcionar. El funcionamiento continuo sin flujo de gas refrigerante sobre el motor hizo que se recalentara y eventualmente quemara.

El funcionamiento del compresor en cortos ciclos para atender las pequeñas necesidades de carga de fin de semana, por ejemplo, puede también causar supercalentamiento del motor. Los arranques frecuentes, con el correspondiente pico de corriente, aliado al reducido flujo de gas de succión sobre el motor durante los breves ciclos de funcionamiento, resultan en recalentamiento del motor el que, al final, puede causar la quema eléctrica.

La evidencia mecánica de la falta de enfriamiento del compresor es el desgaste del pistón, sin daño aparente de la biela o de la bancada principal. Como el gas de succión enfría otras piezas del compresor, así como el motor, un flujo reducido de gas, o la pérdida de flujo, hace que los pistones y los cilindros se recalienten. Y como el índice de expansión térmica del aluminio es mayor que el de los cilindros, los pistones quedan adheridos entre los cilindros causando tal desgaste.

Cuando un motor falló, verifique siempre la condición del contator, independientemente de la causa de la falla. La alta corriente que siempre acompaña una quema frecuentemente dañificará o soldará los contactos.

Si el sistema está sujeto a prolongados períodos de funcionamiento en carga mínima o a fluctuaciones de carga que lo hacen ciclar frecuentemente, un relé de anticiclaje (temporizador) deberá instalarse para limitar los arranques del compresor los que, de acuerdo con la potencia del motor, podrán variar de 6 hasta 10 veces por hora. Esta recomendación está descrita en el manual del curso de compresores reciprocantes de la Bitzer en la página 31.

#### Puntos Quemados (Quemas Localizadas)

Fragmentos de metal resultante de la falla mecánica pueden quedar alojados en los bobinamientos del motor. Ahí pueden funcionar como herramienta de corte, causando daño a lo aislamiento del motor.



Foto 57



Foto 58



(Foto 57) – En el estator mostrado, un pedazo de la lámina de succión del conjunto plato de válvulas quedó alojado entre el rotor y el estator, donde dañó la aislación eléctrica de los bobinamientos, haciendo que el motor se quemase.

Una quema localizada como esa puede llevar semanas o meses después de un compresor recuperado haber sido reinstalado en el equipamiento. Las partículas metálicas quedan en el motor hasta que alcancen una posición donde puedan causar daños. Consecuentemente, es siempre recomendable remover e inspeccionar el motor y la rotura después de la falla, principalmente las piezas involucradas.

Tomar mucho cuidado con el motor “pirata”, ya que una quema localizada puede también ser causada por el movimiento relativo entre las espiras individuales de una bobina. Cuando un motor arranca, las cabezas de las bobinas se flexionan levemente, haciendo con que las espiras se toquen unas con otras. Con el tiempo, eso podrá ocasionar rupturas del aislamiento, ocasionando un corto circuito entre las espiras. El calor de ese corto circuito quemará el aislamiento de las espiras adyacentes, lo que puede terminar en un eventual corto circuito de fase o de fase tierra.

*¡La Bitzer no recomienda la utilización de motores “piratas”, solamente recomienda la utilización de motores originales!*



Foto 59

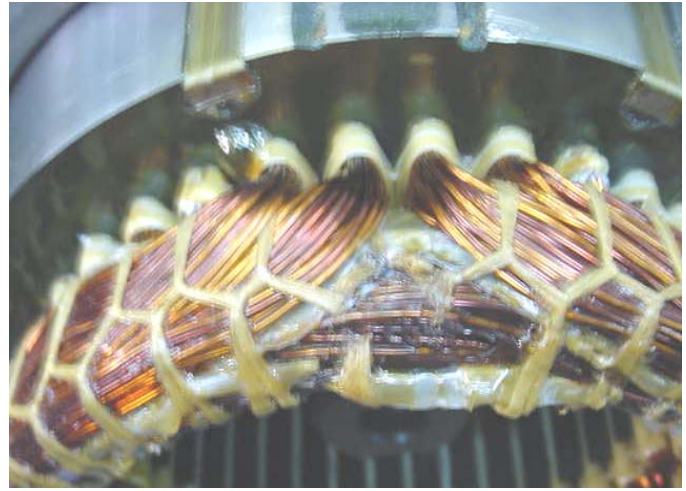


Foto 60

(Foto 59 y 60) - Observe que el corto circuito empezó donde la porción final de la cabeza de la bobina entra en la ranura del estator. Aquí pudo haber un punto de presión entre las espiras o un fragmento metálico podrá haberse enclavado entre las espiras, lo que aceleró el desgaste del aislamiento.



**Foto 61**



**Foto 62**

(Foto 61 y 62) – Una quema localizada puede producirse dentro de la ranura, por las mismas causas detalladas arriba.

Recordando que, toda vez que se produzca una quema localizada (puntos quemados), remueva siempre el motor y examine el rotor y los bobinamientos prestando especial atención a indicios de existencia de fragmentos metálicos.

Es absolutamente necesario remover todo y cualquier material de ese tipo antes de intentarse cualquier recolocación (sustitución) del motor.

#### Causas de la Quema Localizada (Puntos Quemados)

Cuando se rompe una de las láminas del conjunto plato de válvulas del compresor, es posible que un pequeño pedazo (fragmento), sea forzado para dentro del lado de succión del compresor, donde podrá alojarse en los bobinamientos del motor, ocasión en la que podrá causar un corto circuito entre las espiras del motor, resultando en un punto quemado.

Una quema localizada también podrá ser causada por un esfuerzo en el motor. Si el examen de un motor con un punto quemado no revela ningún indicio de partículas metálicas, ya sea enclavada en los bobinamientos o en el estator, se puede sospechar que la ruptura del aislamiento resultó de esfuerzo normal.

Otro motivo podrá estar relacionado con la sobre corrección del factor de potencia, que ocasionará el peak de tensión en el motor. La Bitzer recomienda la corrección del factor de potencia de, como máximo, 0,95. (Para mayores informaciones recomendamos ver el Boletín de Ingeniería nº 17 de la Bitzer).



## Falta de Fase y sus Causas

La falta de corriente en una de las fases de un motor trifásico produce que éste actúe como si fuera monofásico. Esto significa que las dos fases restantes trabajan con corriente excesiva. Si los relés de sobrecarga no apagan el motor rápidamente, estas dos fases se quemarán.

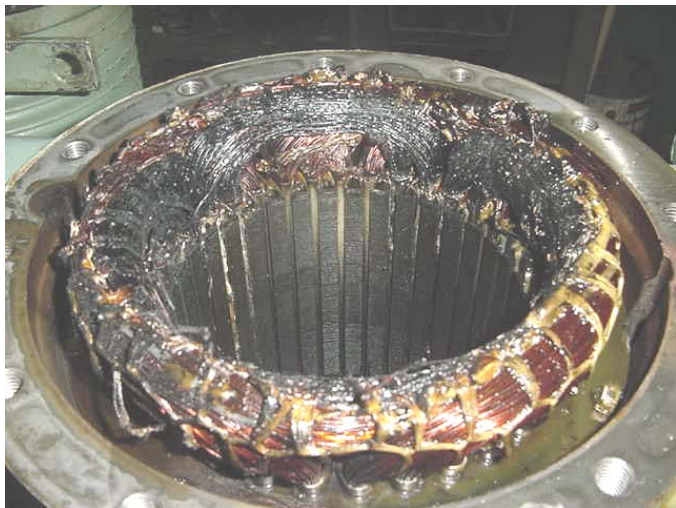


Foto 63

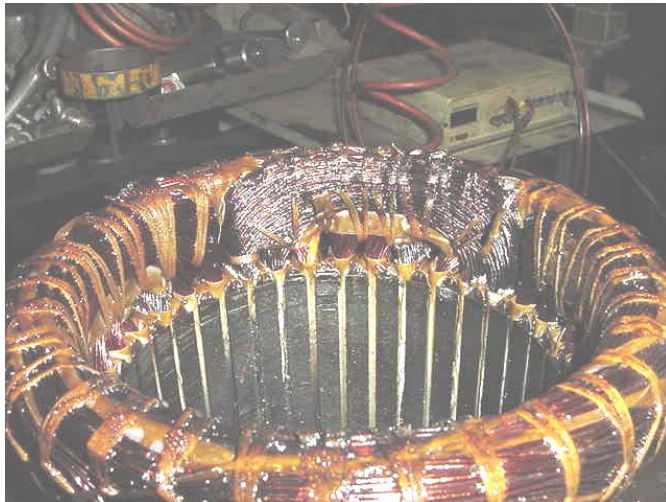


Foto 64

(Foto 63) – Este es el aspecto de un motor que ha sido sometido a la condición de falta de fase. Observe que los bobinamiento de dos de las fases están quemados, mientras que los cuatro polos de la fase remaneciente (interrumpida) están ilesos.



Foto 65



Foto 66



La situación descrita es una quema típica de operación monofásica. Pero, en una condición de falta a fase, una de ellas puede recalentarse más deprisa que la otra, haciendo con que apenas una fase se queme, como en las figuras 65 y 66.

Cuando una fase esté quemada, verifique los bobinamientos de las dos fases restantes. Si una presenta daño por el calor, se puede considerar la falta de fase como la causa de la quema.

#### Arrastre del Motor

El arrastre del motor es otra causa de los problemas eléctricos del motor. Como la holgura entre el rotor y el estator es muy pequeña, el desgaste de la bancada principal puede hacer que el rotor se incline suficientemente para rozar en el estator.



Foto 67

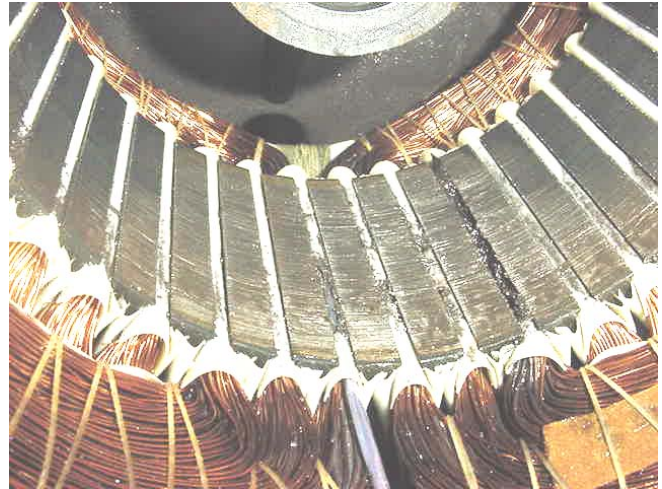


Foto 68

(Foto 67 y 68) – Los estatores aquí ilustrados presentan señales de rayas causadas por arrastre del rotor. El rotor raspó las laminaciones, provocando una falla del aislamiento de la ranura, lo que resultó en un corto circuito fase tierra. Los rotores que han sido retirados de esos motores presentaron rayas semejantes (fotos 69 y 70).

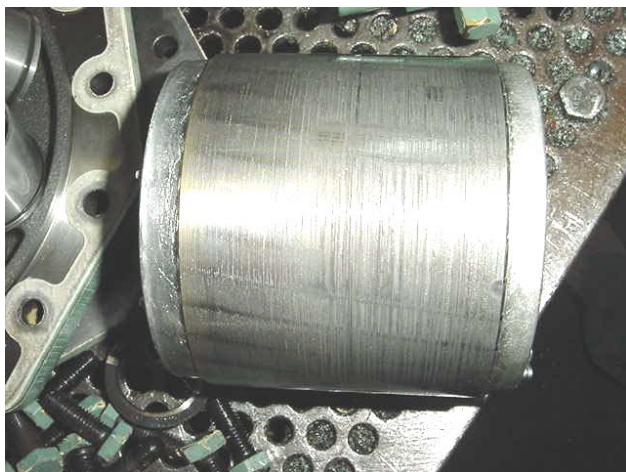


Foto 69



Foto 70

## Causas del Arrastre del Rotor

El desgaste de la bancada principal suficientemente seria para causar arrastre del motor debe ser investigado. Algunas de las posibilidades son la dilución del aceite o aceite contaminado por suciedades o por otros abrasivos.

La superficie de contacto del mancal que presenta porciones metálicas desparramadas, indica problema de dilución del aceite. Vea “Dilución de aceite”, pagina 15.

Por otro lado, aceite que contiene partículas en suspensión, aliado a una suciedad encontrada en el filtro de arrastre aceite, indica la presencia de materiales contaminantes.

Después del arranque del compresor sustituto, es siempre aconsejable verificar periódicamente el color y la claridad del aceite. Si se vuelve descolorido por un material en suspensión tras el arranque, cambie el aceite, conforme sea necesario, hasta que quede limpio. En algunos casos, se puede desear instalar un filtro de succión para retener los contaminantes antes de que entren en el compresor. Obviamente, si el aceite continúa indicando la formación continua de material en suspensión después de la instalación de un filtro de succión, hay buenas posibilidades de que las partículas provengan de otra falla mecánica que esté sucediendo.

## Fallas Indeterminadas del Compresor

Hasta este punto, admitimos que el técnico, a través de un cuidadoso análisis, debería ser capaz de identificar, por el examen de las piezas rotas, la causa real de la falla. Sin embargo ese no siempre es el caso.

En el mundo real, las condiciones de tiempo, del espacio del taller y de la libertad para explorar causas de fallas del sistema no son generalmente las ideales. Además algunos obstáculos referentes al compresor están más allá del punto de determinarse qué tipo de falla ocurrió primero. Aún con la limpieza profunda de las piezas rotas, el barniz, el carbono, y el lodo adherido podrán ser tan extenso que se admirará por como duró tanto tiempo. En esas condiciones deberá apenas investigar todas las probables causas del sistema, basándose en la conclusión de que más de un hecho estuvo presente en la falla real.

Las condiciones que llevan a una falla catastrófica del compresor provienen, probablemente, de un largo e intrincado camino. Juntando todas las ideas discutidas anteriormente en este manual, inicie ahora una tentativa de evitar una repetición de la misma secuencia de hechos que causaron la primera falla.

Mientras ejecuta las operaciones necesarias de limpieza que se encuentran descritas en el próximo ítem, use todo el tiempo que tenga para verificar el sistema eléctrico en lo referente a los ítems inadecuados, tales como: sección de los cables, contactos del motor quemados y terminales sueltos. Inspeccione para ver si el circuito de protección no está “puenteados” y que los controles de presión están funcionando adecuadamente y con el cableado correcto. ¿El bulbo de la válvula de expansión está correctamente instalado y se

encuentra la válvula en buenas condiciones de funcionamiento? Aún esos ítems simples y obvios pueden ser olvidados en la prisa de la instalación y del start up del compresor.

Finalmente tome todo cuidado para tener certeza de que el sistema está limpio y adecuadamente para operar con el compresor sustituto. Cuando el sistema frigorífico sea nuevamente puesto en funcionamiento, podrá verificar las presiones y las temperaturas, las que podrán proveerle las respuestas finales sobre el fallo original del compresor.

## **LIMPIEZA DEL SISTEMA**

Después de una falla del motor del compresor o de una falla que derive de la presencia de contaminantes dentro del sistema, la vida del compresor recuperado o del compresor reserva dependerá del cuidado de la limpieza del sistema.

Para reducir la cantidad de contaminantes a ser retirada del sistema, inspeccione las tuberías de succión y de descarga cercanas al compresor. Si cualquiera de ellas contiene hollín u otros subproductos de falla del motor, limpie la línea con un producto apropiado, antes de reinstalar el compresor.

*Nota: Los productos de limpieza que contienen cloro no deben ser utilizados. Actualmente el refrigerante más apropiado para la limpieza del sistema frigorífico es el R141b.*

Al instalar o recuperar un compresor en un sistema que haya sufrido falla eléctrica, instale un filtro antiácido de tamaño adecuado en la línea de líquido y también en la línea de succión.

Después de la conclusión del test de pérdida y de la liberación de la presión de test, evacúe el sistema por lo menos hasta 500 micrones de Hg. Rompa el vacío con nitrógeno seco y establezca nuevamente la evacuación hasta alcanzar 250 micrones de Hg. o menos. Deje el sistema permanecer en vacío por lo menos 12 horas (caso sea posible). Si la lectura del vacío permanece inalterada, el sistema no contiene ni pérdida, ni humedad y está pronto para recibir su carga de refrigerante.

Cargue el sistema y efectúe las siguientes verificaciones, antes de colocar el sistema en operación continua.

## **VERIFICACIONES ANTES DEL ARRANQUE**

### Sistema Eléctrico

1. Primeramente, verifique que todas las conexiones eléctricas estén bien apretadas. Las conexiones adecuadamente firmes son muy importantes, ya que las conexiones con cables flojos causarán caída del voltaje el que podrá servir de instrumento como causa



primaria de varios fallos eléctricos.

2. Verifique las condiciones de todos los contactores. Si los contactos están en malas condiciones, cámbielos. Hay informaciones específicas del fabricante al respecto de cómo determinar si los contactos ya han superado su vida útil.
3. El voltaje del contator del compresor deberá verificarse para tener certeza de que se está dentro de  $\pm 10\%$  del voltaje de la placa del compresor.
4. El desequilibrio de fases debe ser verificado. El cálculo es definido como 100 veces la suma de los desvíos entre las fases y la tensión media (en valor absoluto), dividido por dos veces la tensión media.

Ejemplo:

Lectura de las tensiones eléctricas entre fases = 219, 216 y 225 Volts.

$$\text{Tensión media} = \frac{219 + 216 + 225}{3} = 220 \text{ V}$$

El porcentaje de desequilibrio es:

$$\frac{\{[219-220] + [216-220] + [225-220]\}}{2 \times 220} \times 100 = 2,27 \%$$

Como el desequilibrio de fases máximo aceptable es de 2%, ese porcentaje de 2.27% no es aceptable. Cuando tal condición sucede o la tensión del contactor no esté dentro de  $\pm 10\%$  de la tensión nominal, se le deberá avisar a la compañía de energía local y corregirse la condición antes de intentarse dar arranque al compresor.

5. Inspeccione los relés de sobrecarga en lo referente a un correcto ajuste. Si hay equipamiento disponible, es una buena idea cargar realmente y desarmar los relés de sobrecarga para conferir su punto de ajuste (calibración). Para mayores informaciones con relación al ajuste y selección de los relés de sobrecarga, se recomienda verificar el manual del curso de compresores alternativos de la Bitzer, página 21.

### Sistema de Refrigeración

#### Condensador Enfriado a Aire

1. Serpentina limpia y desobstruida.
2. Ventilador / correa girando libremente.
3. Presostato de alta presión regulado.

## Condensador Enfriado a Agua

1. Todas las válvulas de agua posicionadas para operación.
2. Llave de interrupción del motor del ventilador de la torre de enfriamiento cerrada.
3. Llave interruptora del motor de la bomba del agua de la condensación cerrada

## Serpentina de Expansión Directa

1. Filtros de aire limpio y colocado en el lugar.
2. Serpentina limpia.
3. Persianas regulables (Dampers) del aire exterior correctamente posicionadas.
4. Llave interruptora del motor del ventilador de aire acondicionado cerrado.

## Enfriador de Agua (Water Chiller)

1. Todas las válvulas de agua helada correctamente posicionadas para operación.
2. Llaves interruptoras del motor de la bomba de agua helada cerrada.

## Circuito de Refrigerante

1. Válvulas de succión y de descarga del compresor abiertas.
2. Válvulas de bloqueo de la línea de líquido abiertas.
3. Otras válvulas de refrigerante en posición de operación.

## Sistema de control

Para permitir el test del comando eléctrico sin dar arranque en el compresor, retire los cables del contator del compresor. Cierre la llave interruptora del compresor.

1. Energice el comando eléctrico.
2. Si es necesario, baje el ajuste del termostato u otro controlador para energizar la parte restante del comando eléctrico.
3. Utilizando el diagrama eléctrico del sistema, verifique la secuencia de operación del sistema y los intertrabamientos de controles.

Como el compresor no está en operación, el contator del compresor deberá desconectarse en aproximadamente 90 segundos por el presostato de aceite (Delta – P) o a través de otro presostato electromecánico. El tiempo dependerá del tipo de presostato usado.

Obs.: Certifíquese, sobretodo, de que los controles de operación y de seguridad están correctamente conectados en el comando eléctrico.

Esto se realiza fácilmente, simulando la acción de los controles individuales para confirmar la parada correcta del compresor.

## ARRANQUE

1. Reconecte los cables del compresor en el contator.
2. Con los manómetros instalados, dé el arranque al sistema.
3. Durante ese período de funcionamiento, registre las siguientes temperaturas y presiones del sistema, de hora en hora: (ver “Planilla de Acompañamiento del Sistema” a seguir).

### Análisis del Aceite

Después que el sistema esté funcionando aproximadamente de 4 a 8 horas, recoja el gas del sistema y retire una muestra del aceite. Verifique la acidez de la muestra del aceite, utilizando los conjuntos de teste de aceite disponibles en el mercado (confiables), o envíe esta muestra de aceite a un laboratorio especializado en análisis de aceite. Si el teste de aceite revela un nivel de acidez insatisfactorio, cambie los elementos filtrantes antiácido de la línea de líquido y de la línea de succión por otra carga del mismo elemento (carbón o alúmina activada), cambie el aceite del compresor y dé nuevo arranque al sistema y déjelo funcionar por un período adicional de 8 horas. Repita este procedimiento hasta que el teste de aceite resulte satisfactorio.

Finalmente, substituya el elemento filtrante antiácido de la línea de líquido por otro elemento del tipo secador (moléculas sieves y/o sílica gel), para reducir la pérdida de presión de la línea de succión, retire el elemento filtrante antiácido y substitúyalo por un elemento del tipo tela inoxidable o fieltro con baja pérdida de carga.

El sistema se encuentra ahora pronto para entrar en operación continua.

Planilla de acompañamiento del sistema:

OBS: Esta planilla es solamente un ejemplo de como deberá ser acompañado el sistema a través de las lecturas obtenidas. Evidentemente que cada instalación tiene su característica propia, por lo tanto se recomienda para cada equipamiento frigorífico elaborar una planilla de acompañamiento del sistema, obteniéndose la que está descripta a seguir como ejemplo.

Planilla DE ACOMPAÑAMIENTO DEL SISTEMA							
<b>Cliente</b>						<b>Fecha</b>	
<b>Obra</b>							
<b>Instalador</b>			<b>Contacto</b>			<b>Teléfono</b>	
<b>Equipamiento</b>			<b>Data original de la Instalación</b>				
Modelo Compresor 1			Nº Serie				
Modelo Compresor 2			Nº Serie				
Modelo Compresor 3			Nº Serie				
Modelo Compresor 4			Nº Serie				
Modelo Compresor 5			Nº Serie				
<b>Refrigerante</b>			Carga gas (Kg.)				
LECTURAS OBTENIDAS							
Compresor			01	02	03	04	05
Presión de succión (psig)							
Temperatura de evaporación (°C)							
Temperatura de succión (°C)							
Supercalentamiento del gas de succión (K)							
Presión de descarga (psig)							
Temperatura de condensación (°C)							
Temperatura de la línea de líquido (°C)							
Temperatura línea de líq. subenfriada – si hay (°C)							
Subenfriamiento natural (K)							
Subenfriamiento total (K)							
Temperatura de descarga (°C)							
Temperatura del carter del compresor (°C)							
Temperatura ambiente (°C)							
Presión de entrada bomba de aceite (psig)							
Presión de salida bomba de aceite (psig)							
Diferencial de presión de la bomba de aceite (psig)							
Nivel de aceite en el visor del carter (¼; ½; ¾)							
Nivel de aceite en el reservorio (¼; ½; ¾) – se hay							
Temp. del agua o aire en la entrada del condensador (°C)							
Temp. del agua o aire en la salida del condensador (°C)							
Tensión eléctrica nominal (V)	RS						
	RT						
	ST						
Corriente eléctrica nominal (La)	R						
	S						
	T						



## REVISIÓN

Se puede ver, de lo que hemos aquí discutido, que el simple tratamiento del síntoma no es suficiente. Se debe hacer un diagnóstico adecuado de la falla para reconstruir toda la secuencia de eventos para identificar y corregir la causa primaria de la falla.

Por ejemplo, superficialmente, una quema de motor puede parecer ser un problema eléctrico. Sin embargo ese no es necesariamente el caso. La causa básica del problema podría originarse en algún otro punto del sistema o podría ser resultado de las condiciones de funcionamiento del sistema.

Suponga que un sistema de expansión directa que, para comenzar, está un poco súper dimensionado, es colocado en funcionamiento los fines de semana para atender las necesidades de aire acondicionado de un pequeño grupo de trabajadores. Una vez que, en este ejemplo, la mayoría de las lámparas está apagada y apenas parte de los demás dispositivos que generan carga está en uso, la carga interna de enfriamiento del edificio es una fracción de la normal. Ese conjunto de condiciones hace que el sistema esté totalmente súper dimensionado para el trabajo que está intentando realizar.

Para satisfacer esa carga reducida, el compresor arranca repetidamente, funciona en capacidad mínima por pequeño período de tiempo, y después para. La pequeña masa de flujo de refrigerante exigida por la carga no es suficiente para enfriar adecuadamente el compresor y el motor durante los breves períodos de funcionamiento, haciendo con que ambos se recalienten. Finalmente, la temperatura del motor se eleva al punto en que el aislamiento se rompe, provocando la quema.

La inspección del sistema eléctrico revela que los fusibles están quemados y los relés de sobrecarga del motor abiertos, ambos ocasionados por una condición de sobrecorriente resultante de un corto.

El desmontaje del compresor revela, además del motor quemado, hollín en la superficie interna de la cabeza de los cilindros sin control de capacidad y los pistones de los cilindros, que trabajan con carga, rayados, mas sin daño aparente en los agujeros de las bielas.

La evidencia indica (1) compresor súper calentado; (2) el compresor estaba trabajando totalmente sin carga cuando se produjo la quema y (3) el sistema de protección térmica del motor no funcionó. Eso, aliado al hecho de que el fallo ocurrió en un fin de semana, cuando el sistema estaba poco cargado, indica las condiciones existentes en el momento de la falla.

En este caso, un relé temporizador resolverá el problema básico de ciclo corto y una verificación completa y corrección del circuito de protección del motor proporcionarán esa protección al compresor reserva.

Este es el tipo de análisis que debe hacerse en cada compresor que falló. El trabajo

de investigación y las informaciones obtenidas indicarán las acciones correctivas a ser adoptadas para evitar la repetición de la falla.

1ª Revisão: 12/04



Bitzer Compressores Ltda  
Av. Mofarrej, 317 – 05311-000 São Paulo / SP  
Tel (11) 3648 3100 – Fax (11) 3648 3180  
[www.bitzer.com.br](http://www.bitzer.com.br) - [bitzer@bitzer.com.br](mailto:bitzer@bitzer.com.br)