

Compresores de Frío – Su Funcionamiento y Cuidado

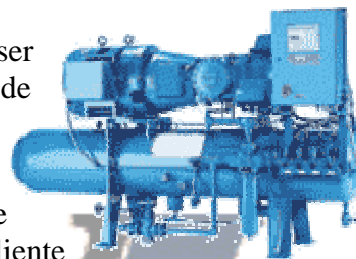
Por Richard Widman

Compresores de frío son críticos para muchas industrias, pero frecuentemente encontramos que son mantenidos por personal con poco conocimiento y sus pedidos de aceites son mal interpretados por el personal de adquisiciones o compras. En este boletín explicaremos un poco de su funcionamiento y el efecto de diferentes lubricantes en los retenes y sellos, además del comportamiento de diferentes aceites en la lubricación en frío.

Este es el Boletín #57 de nuestro programa de Boletines Informativos mensuales. Todos los boletines están disponibles en formato Acrobat pdf en www.widman.biz

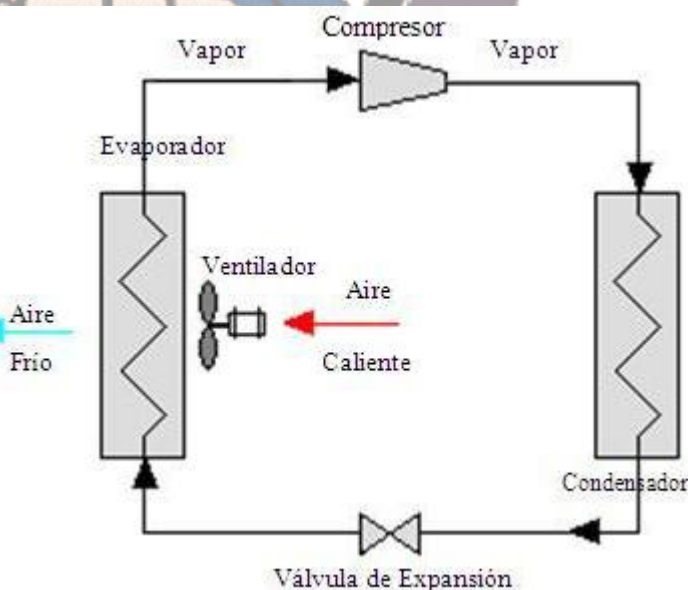
El propósito del sistema de refrigeración

Por definición, frío es la carencia de calor. El calor no puede ser eliminado, pero puede ser trasladado a otro lado. El propósito de cualquier sistema de refrigeración es extraer el calor de algo (producto o cuarto) y depositarlo en otro lugar.



Este concepto es importante cuando buscamos problemas de eficiencia, ya que un condensador localizado en un lugar caliente tendrá más dificultad disipando su calor y dejará el líquido más caliente para retornar al sistema donde tiene que volver a cargar más calor del producto o cuarto a ser refrigerado. Esto es como una volqueta de 10 cubos que no vaciamos completamente y dejamos con medio cubo más de tierra cada vez que pasa para su descarga. Cada vez que carga, carga menos.

Para trasladar el calor, el compresor crea un vacío, chupando el gas caliente del evaporador, comprimiéndolo a un gas con alta temperatura y mandándolo a un condensador donde se puede extraer el calor generado, creando un líquido. De allí se lo expande rápidamente, lo cual lo convierte de nuevo a un gas frío. Al convertirse en gas, ésta sustancia fría puede calentarse, absorbiendo el calor del área donde se encuentra.



El gas

Existen más de 100 gases que pueden ser utilizados para trasladar el calor de un lado a otro. Cada uno de estos gases tiene ventajas y desventajas. Cada uno tiene sus aplicaciones específicas donde es el mejor o más eficiente. En la mayoría de las aplicaciones pequeñas que encontramos, se utiliza Haloalcanes (Freon® es el más conocido) - (conocido como chlorofluorocarbon) (CFC). Freon® es el nombre comercial del CFC producido por Dupont Corporation. Esto fue originalmente diseñado para ser menos peligroso para los hogares que los

gases utilizados años atrás, y eficiente en sistemas pequeños. Después se encontró que este gas es peligroso para el medio ambiente (capa de ozono). In 1995 la producción de CFC fue declarado ilegal en los EEUU. Esto fue reemplazado con diferentes combinaciones de gases para sistemas pequeños. En la mayoría del mundo, los sistemas que continúan con Freon tienen que ser revisados con frecuencia y mucho control sobre su descarga y recarga.

El gas más eficiente en transferencia de calor, más económico, y menos dañino al medio ambiente es Amoniaco. La mayoría de los sistemas grandes de refrigeración de alimentos utilizan amoniaco por su amplio rango de temperaturas (hasta -70° C) y alta seguridad (se puede oler cualquier escape de gas). En caso de alguna pérdida, el amoniaco que sale es detectado por su olor, y una vez que absorbe agua, es absorbido por la tierra como abono.

En general, por la eficiencia del amoniaco, un sistema de refrigeración que utiliza amoniaco es entre 10% y 20% más pequeño y más económico para fabricar.

- Compresores Alternativos (Pistón) de amoniaco son limitados a una compresión en una sola etapa de 8:1 por el calor generado. Para temperaturas debajo de 0° C se requiere dos etapas.
- Compresores a tornillo con la inyección de aceite pueden llegar a -20° C como máximo en una sola etapa, pero normalmente son de dos etapas para mayor eficiencia y menos problemas mecánicos.

Lubricación:

Sistemas de refrigeración que utilizan Freon® y otros gases similares funcionan con una mezcla del gas y el aceite, circulando juntos en el sistema. Los aceites utilizados en compresores de Freon® requieren un punto de formación de ceras “Floc Point” muy bajo porque esto es el punto en que la mezcla de Freon® y aceite forma depósitos de cera. Tradicionalmente los ingenieros han puesto el “Floc Point” como la característica más importante en cualquier lubricante de compresores de frío.

Es importante destacar que esto no ocurre en sistemas donde se utiliza amoniaco para el gas. Esta característica solamente se presenta en mezclas con el Freon® y gases parecidos o diseñados para reemplazar el Freon®. Además el lubricante no es miscible en amoniaco. Cuando hablamos de sistemas de refrigeración con amoniaco, el punto más importante es *el punto de fluidez*. Mientras la temperatura del sistema es mayor que el punto de fluidez del aceite, éste podría mantenerse fluido y drenar del evaporador. Cuando el aceite solidifica, no puede drenarse, tapando las cañerías del evaporador. Notamos las características (de la ficha técnica) de uno de los aceites más buscados para sistemas de refrigeración en este país (por manual viejo o tradición), que este aceite tiene un punto de fluidez de -30° C, con un “Floc Point” de -50° C. El “Floc Point” no tiene importancia en un sistema de amoniaco, ya que el aceite estará congelado mucho antes de eso.

KEY PROPERTIES

ISO Viscosity Grade	68
Density at 15°C, kg/L	0.902
Flash Point, COC, °C	204
Freon Floc Point, °C	-50
Freon Haze Point, °C	-43
Pour Point, °C	-30
Total Acid Number	0.02
Viscosity, cSt at 40°C	65.0
Viscosity, cSt at 100°C	6.7
Viscosity Index	24
Breakdown Voltage, KV min	40

Por lo que cualquier aceite que llega al evaporador reducirá la eficiencia del sistema, los compresores de amoníaco tienen separadores de aceite para eliminar todo el aceite posible antes de que vaya al evaporador.

Los cuatro problemas reales en la lubricación de compresores de amoníaco

- **Volatilidad:** Un aceite muy volátil irá rápidamente con el amoníaco reduciendo la eficiencia del evaporador y evaporará del sistema, necesitando mayor relleno. Este dato no aparece en sí en las fichas técnicas, pero podemos ver como guía el punto de inflamación. Entre más alto el punto de inflamación, menos volatilidad.
 - Podemos ver de la ficha arriba que ese producto tiene un punto de inflamación (“Flash Point”) de 204° C.
 - Aquí podemos ver los datos de otro aceite vendido aquí para amoníaco.

Punto de Inflamación	244° C (471° F)
----------------------	-----------------
 - Otro aceite que veremos más adelante es 188° C para la misma viscosidad.

Algunos estudios han documentado la reducción de hasta 70% en la cantidad de aceite usado en el curso del año para rellenos del sistema basado en la evaporación.

- **Miscibilidad en el amoníaco:** Este valor no aparece en ninguna ficha. Pero sabemos que un aceite Nafténico es mucho más miscible por que un aceite Parafínico o Sintético por su solvencia.
- **La reacción de compuestos aromáticos con el amoníaco:** Un punto raramente considerado es que los compuestos aromáticos y azufres en los aceites Nafténicos tienen reacciones químicas con el amoníaco, causando corrosión y depósitos en el sistema.
- **Viscosidad:** El elemento más crítico en la selección de un aceite lubricante es la viscosidad. En un compresor de amoníaco necesitamos un aceite que lubrica a altas temperaturas del compresor pero fluye en las temperaturas bajas del evaporador.

Las diferencias de viscosidades entre aceites

Tenemos dos opciones principales en aceites para amoníaco: Aceites Nafténicos y Aceites Parafínicos API grupo II donde convirtieron las impurezas y ceras a moléculas saturadas lubricantes.

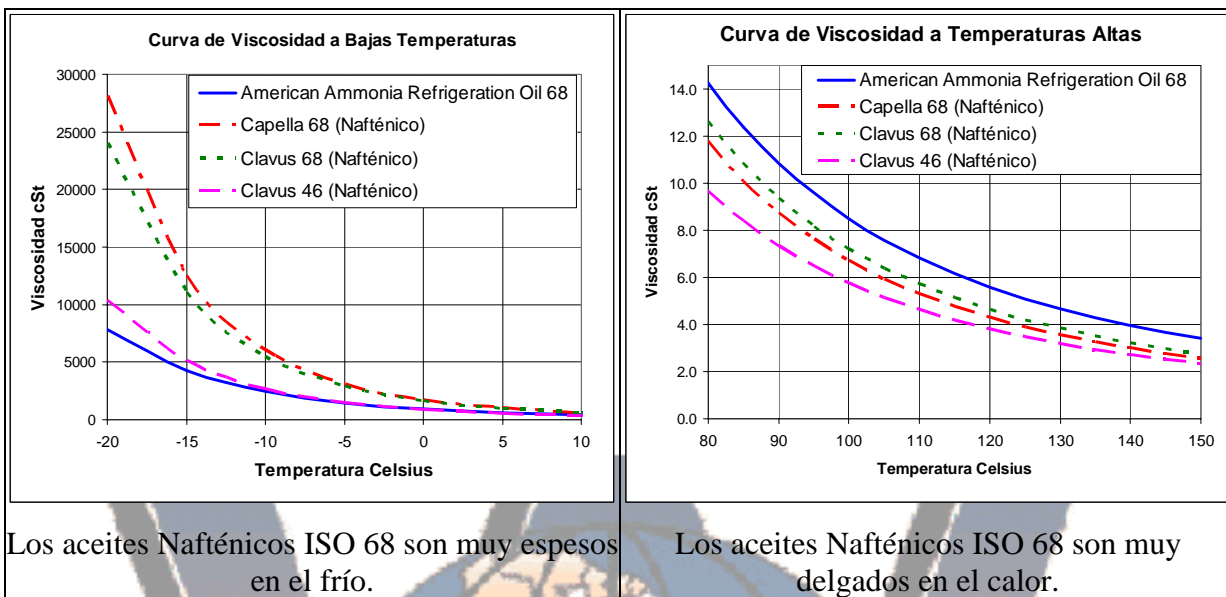
Veremos el comportamiento del aceite mostrado arriba con dos más. El fabricante del primero aparentemente reconoce que no es fluido en temperaturas bajas y compensa ofreciendo viscosidades inferiores para compensar. *Mientras esto resuelve el problema de fluidez en el evaporador, provee menos protección en el compresor.*

Shell Clavus Oil	ISO VG 32	ISO VG 46	ISO VG 68
Viscosidad cinemática @ 40°C, cSt	32	46	68
Índice de viscosidad (VI)	45	45	45
Punto de inflamación, COC, °C	178	178	188
Punto de escurrimiento, °C	33	30	27
Punto de floculación, °C	30	25	20

AMERICAN AMMONIA REFRIGERATION OIL	
Grado ISO	68
Viscosidad cSt a 40° C	64.0
Viscosidad cSt a 100° C	8.5
Índice de Viscosidad	103
Punto de Inflamación	244° C (471° F)
Punto de Fluidez	-37° C (-35° F)
Punto Floculación	-54° C (-65° F)

El objetivo es buscar un aceite que fluye en frío y mantiene su cuerpo y protección en el calor.

En el siguiente grafico podemos ver que los aceites Nafténicos ISO 68 son casi cuatro veces más espesos a -20° C que el aceite Parafínico grupo II ISO 68 y once veces más viscosos a -40° C.



Algunas personas, tratando de solucionar el problema de fluidez en frío, bajan la viscosidad ISO al 46 cSt (línea rosada de puntos largos). Esto baja la viscosidad en frío (hasta -10° C) casi al punto de un ISO 68 grupo II (en este caso el American de base MAX-SYN®), pero eso también baja la viscosidad en calor. Si la temperatura del compresor llega a 150° C, los aceites Nafténicos ISO 68 tienen 20% menos viscosidad que el grupo II e ISO 46 tiene 33% menos viscosidad.

Oxidación

Un punto que típicamente no se considera es la diferencia en oxidación entre aceites Nafténicos y Parafínicos grupo II de la calidad que mostramos aquí. Los compuestos aromáticos y las moléculas no saturadas en los aceites Nafténicos se oxidan rápidamente, espesándose y necesitando mayor frecuencia de cambios. En esta foto podemos ver la descomposición del aceite Nafténico con el uso. La foto de la izquierda es el aceite Nafténico nuevo, y la de la derecha usado. Los depósitos formados por la oxidación y descomposición de los aceites Nafténicos frecuentemente son encontrados en los retenes y otras partes del compresor y el evaporador donde no llega el aceite con bastante presión para eliminarlos. Estos depósitos reducen la eficiencia del sistema y causan mayores daños a los retenes, mayor desgaste de cojinetes, y corrosión de varios componentes.



En el siguiente cuadro podemos ver como esa oxidación afectó la viscosidad del aceite y el desgaste del compresor. Estos dos análisis muestran el aceite Nafténico (#98519) con 1000 horas de uso, mientras la línea superior es del aceite Parafínico grupo II en el siguiente periodo de operación. Esta segunda muestra (#224580) tiene una contaminación por otro

aceite que contiene fósforo, pero aun así se ve que el grupo II ha mantenido su viscosidad 68, mientras el Nafténico subió a 134 cSt, duplicando su viscosidad por oxidación. El cambio del tipo de aceite resultó en una reducción de desgaste de 38%.

Lab No Condition	Date Taken Tested	Time on Oil Time on Unit	SPECTROCHEMICAL ANALYSIS (ppm)																			
			Iron	Chromium	Lead	Copper	Tin	Aluminum	Nickel	Silver	Silicon	Boron	Sodium	Magnesium	Calcium	Barium	Phosphorus	Zinc	Molybdenum	Titanium	Vanadium	Potassium
224580 Normal	14-OCT-03 17-OCT-03	1000	11	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	2	13	4	0	0	0	0
98519 Normal	28-APR-03 06-MAY-03	1000	29	0	1	1	2	2	0	0	3	0	0	1	1	7	0	24	0	0	0	0

LabNo	Physical Properties						Additional Tests
	Fuel	Visc40	Visc100	Water	Soot/ Solids	Glycol	
224580	N/A	69.7	N/A	0	<0.1	N/A	
98519	N/A	134.1 A	N/A	0	<0.1	N/A	

Compatibilidad de Retenes

Uno de los problemas con aceites Nafténicos es su alta solvencia, lo cual viene de su alto contenido de compuestos aromáticos. Para saber el efecto de diferentes aceites en los retenes, se usa la prueba ASTM D 471. Aquí notamos el efecto de estos dos aceites en los tres materiales más utilizados en retenes de compresores de amoniaco.

Material	Nafténico	Grupo II
Goma Nitrilo	Endurece 2.1 puntos Expande 1.3%	Endurece 8.0 puntos Contrae 3.6%
Goma de neopreno	Ablanda 32.7 puntos Expande 45.2% %	Ablanda 5.2 puntos Expande 5.4%
Viton	Endurece 1.4 puntos Expande 0.6%	Ablanda 0.1 puntos Expande 0.3%

*Endurecimiento basado en una escala de 100 puntos

Se ve en esta tabla que retenes de neopreno son muy susceptibles a deterioración con aceites Nafténicos. Sellos deteriorados por aceites Nafténicos tienen que ser reemplazados con frecuencia, y deberían ser cambiados antes de cambiar al aceite grupo II.

Resumen

El cambio de aceites Nafténicos al aceite altamente refinado API grupo II como el American Ammonia Refrigeration Oil:

- Aumentará la eficiencia del sistema
- Reducirá la cantidad de aceite usado hasta 70% en rellenos.
- Extenderá el intervalo entre cambios de aceite. Frecuentemente se puede aumentar hasta 6 veces este intervalo.
- Reducirá el taponamiento de filtros.

- Reducirá las reparaciones del compresor y la limpieza del evaporador

Al hacer el cambio en compresores con retenes de goma neopreno, hay que revisar bien los retenes o cambiarlos, ya que pueden estar en mal estado.

Cuando compra aceites para un compresor de amoniaco, estudie bien las fichas y evite los productos Nafténicos obsoletos. **Asegúrese que sea aceite API grupo II desparafinado o sintetizado.**

Es muy importante asegurar que ningún aditivo es adicionado al aceite del sistema de refrigeración y que los recipientes utilizados para rellenos son totalmente limpios. Residuos de aditivos de otros aceites pueden reaccionar con los aditivos en el aceite o el amoniaco causando daños significativos.

Widman International SRL contribuye a la capacitación de los ingenieros y usuarios en Bolivia para mejorar su competitividad. Para mayores informaciones prácticas, visite nuestra página Web: www.widman.biz

Si usted conoce a otra persona que estará interesada en recibir estos boletines, favor responder a scz@widman.biz Si no quiere recibir estos boletines mensualmente, puede escribir a scz@widman.biz con “**remove**” en el asunto.

La información de este boletín técnico es de única y completa propiedad de Widman International S.R.L. Su reproducción solo será permitida a través de una solicitud a scz@widman.biz no permitiendo que esta altere sus características ni su totalidad.