

EFICIENCIA ENERGÉTICA EN SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN

Preparado por Klaus Peter Schmid, INRA Refrigeración y Luis Hinojosa de Fundación Chile.

No es un misterio para nadie que mire sus cuentas eléctricas, que los precios han subido muy rápidamente en el último año. Esto ha fomentado la búsqueda de alternativas que permitan reducir este costo, sin sacrificar el servicio final deseado. Este es el concepto de uso eficiente de la energía o más bien conocido como Eficiencia Energética (EE).

Los sistemas de refrigeración industrial utilizan principalmente energía eléctrica, la cual es utilizada para mover compresores, motores y otros sistemas asociados. El uso de frío industrial es muy utilizado por la industria de alimentos y también por otros procesos industriales. Con el fin de promover el uso eficiente de la energía en este tipo de sistemas, es necesario conocer bien las opciones existentes en los sistemas de generación y distribución, así como de las oportunidades existentes en su uso final.

Como primer paso de diagnóstico energético, es extremadamente importante conocer muy bien las instalaciones. Los sistemas pueden ser variados y de diversa complejidad. Es importante identificar los equipos asociados y generar un esquema de las instalaciones, además de representarlos físicamente en un layout de la planta. A continuación se presenta un esquema típico de un sistema de refrigeración. Este puede tener múltiples compresores, evaporadores, condensadores y sistemas de expansión.

Idealmente sería de gran beneficio contar con un balance de energía de las instalaciones, con el fin entender como se consume la energía de refrigeración. Esto no está siempre disponible, pero podría ser de gran utilidad al momento de buscar oportunidades de EE.

Otro tema de gran relevancia es establecer los parámetros de operación, a lo largo de un día, mes o año. Pueden existir estacionalidades de uso que deben ser identificadas con claridad. Realizar mediciones instantáneas de operación, así como a lo largo de un período, ayudará a verificar y a identificar el régimen de funcionamiento del sistema.

Se recomienda establecer índices de consumo energético, como por ejemplo consumo de energía eléctrica por toneladas de producto refrigerada (kWh/ton). Esto ayudará a monitorear el uso de energía de las instalaciones.

Abordar el tema en gran profundidad no es posible en este artículo, es por eso que se han seleccionado sólo un par de medidas, que los autores han identificado durante la realización de auditorías energéticas durante el presente año.

Oportunidades de EE en la generación de frío

Aumento de la temperatura de evaporación

Mientras mayor sea la temperatura de evaporación de un sistema de refrigeración, menor será su consumo de energía. Un aumento de 1°C, podría significar ahorros que van entre un 1% y un 4%.

La reducción del volumen específico del refrigerante, asociado al aumento de la temperatura de evaporación, afecta la capacidad frigorífica del compresor y las pérdidas en la línea de succión. Es posible estimar que por cada 1°C de aumento en la temperatura de evaporación, podría obtenerse un aumento de un 4% a un 6% en la capacidad frigorífica del compresor.

Algunas maneras de reducir la temperatura de evaporación son:

- Mantener los evaporadores libre de hielo.
- Evitar obstrucciones al flujo de aire en las cámaras de frío.
- Mantener los intercambiadores de calor libre de obstrucciones, aceite, etc.
- Evitar la acumulación de aceite de los compresores en los evaporadores, para esto es necesario dimensionar correctamente las líneas de succión y utilizar separadores de aceite eficientes.
- Limpiar o cambiar periódicamente los filtros de refrigerante, con el fin de evitar minimizar las pérdidas de presión a través de ellos.
- Elevar la temperatura de evaporación hasta el mayor valor posible, en función de las necesidades del proyecto.

En uno de los estudios realizados por los consultores, para una planta exportadora de uva de mesa, fue posible identificar la siguiente situación:

- El sistema de refrigeración de la planta se encontraba en expansión. Durante una de las visitas fue posible observar que existían 2 cámaras de mantención para 0°C y 3 túneles de prefrío.
- Existían 9 unidades evaporadoras en cámaras de frío, 2 compresores en la sala de máquinas y un condensador evaporativo junto a la sala de máquinas. El sistema completo de refrigeración utiliza amoníaco (NH₃) como refrigerante. El detalle de la potencia instalada de los equipos se presenta en la tabla N° 1.

- Fue identificado que el trabajo de los compresores estaba en el rango adecuado en cuanto a presiones de trabajo y consecuentemente de rendimiento. Se verificó que la planta trabajan a presiones equivalentes a temperaturas de evaporación de $-12,5^{\circ}\text{C}$ y temperaturas de condensación de $+32^{\circ}\text{C}$.

De acuerdo con la experiencia de los consultores, se estimó posible que los compresores serían capaces de proveer los escalonamientos de control necesarios para mantener temperaturas de evaporación superiores y no menores a -10°C . El siguiente análisis muestra que esta diferencia, sólo $2,5^{\circ}\text{C}$, pueden significar ahorros en los costos operacionales significativos.

Tabla rendimiento compresores Mycom N6WB

La tabla presenta las capacidades de los compresores existentes, modelo N6WB. Con la actual temperatura de evaporación de $-12,5^{\circ}\text{C}$, es posible extrapolar el rendimiento de cada uno de los compresores, correspondiente a 80,6 toneladas de refrigeración o 241.983 kcal/h. Es posible apreciar que el rendimiento de cada compresor a una temperatura de evaporación de -10°C es de 90,1 toneladas de refrigeración o 270.840 kcal/h (flecha azul). Esta diferencia de rendimientos implica casi un 12% de aumento de capacidad.

Utilizando una lógica simple, esta propuesta nos indica que si los equipos están en una condición de operación de un 12% de mayor capacidad, sus horas de operación para la misma cantidad de producto a enfriar sería de un 12% menor a la actual.

En la práctica, el aumento de la temperatura de evaporación conlleva un incremento en la exigencia al motor eléctrico del compresor. Esto implica que existe un aumento en el consumo eléctrico de este motor, pero en un porcentaje menor y no mayor al 50% del incremento del rendimiento frigorífico. Fue estimado que el aumento de eficiencia energética del compresor podría alcanzar un valor de un 7%.

Tanto los evaporadores, como el condensador evaporativo, del sistema parecían ser dimensionados adecuadamente. La potencia eléctrica del motor del compresor poseía un margen adecuado, donde los 90 KW (120 HP) son adecuados para manejar temperaturas de evaporación de hasta $+5^{\circ}\text{C}$ según catálogo del fabricante.

Fue estimado que la inversión necesaria para los elementos de control, que ayudarían a realizar un proceso de regulación fina, no debiera superar \$1.000.000. El apoyo del proveedor de los equipos y del instalador del sistema, fueron de suma importancia para identificar esta oportunidad. Este tipo de regulación debe ser siempre evaluada por el proveedor o prestador de servicios de mantenimiento, ya que dependerá de las condiciones de diseño de la planta. La siguiente tabla resume la oportunidad de elevar la presión de evaporación de $-12,5^{\circ}\text{C}$ a -10°C .

Este es un proyecto de EE, claramente atractivo y fue recomendada su implementación inmediata. Este tipo de oportunidad implica una acción que conlleva una baja inversión y la cual debe permanecer como una tarea del equipo de mantención.

Control de la presión de condensación

En otro estudio realizado por los consultores, para una aplicación comercial pequeña, fue posible identificar la siguiente situación:

- El sistema de refrigeración correspondía a uno típico utilizado para mantener productos alimenticios a medias/bajas temperaturas.
- Existía una unidad condensadora exterior y seis unidades evaporadoras interiores, que utilizan refrigerante 404A.
- Las unidades evaporadoras poseían consumos eléctricos muy parejos durante el día. Por otro lado, la unidad condensadora poseía consumos extremadamente variables, que dependían de factores tales como demanda de frío de las distintas unidades evaporadoras, condiciones de temperatura interna y temperatura ambiental externa. Se midió el consumo eléctrico de la unidad condensadora durante 4 días, los resultados se presentan en el siguiente gráfico. Durante las horas atención al público, entre las 08:00 y 22:00 horas, el consumo medio fue de unos 12,5kW. El consumo medio bajó a un valor de 7,4kW durante la noche, cuando el supermercado estaba cerrado al público. Esto representa una reducción de consumo del orden de un 40%

Esta baja de consumo tiene relación con dos aspectos:

- el uso de cortinas en las vitrinas (lácteos, carnes, etc.) durante la noche reduce las pérdidas.
- las menores temperaturas exteriores durante la noche, ayuda a que la unidad trabaje en condiciones más favorables.

Es evidente que el uso de cortinas genera una gran reducción de consumo de energía, el cambio es muy brusco y ocurre exactamente a las horas que se cierra el supermercado, alrededor de las 22.00 horas.

Se realizaron además mediciones de los consumos eléctricos, por fase, de los compresores y ventiladores de la unidad condensadora, en la mañana (10.30) y en la tarde (15.30), de un día de verano. De estas mediciones se puede mencionar:

- a. Los compresores de refrigeración trabajan siempre muy por debajo de su amperaje nominal máximo. Esto es una característica propia de todo tipo de compresores herméticos y semi-herméticos de refrigeración.

b.El incremento de la temperatura ambiental externa y consecuentemente de la temperatura interna del local en alguna medida, genera aumentos de consumo eléctrico de un 4,4%.

Se realizaron además mediciones de presión de refrigerante, las cuales indican que:

a. La temperatura de evaporación de la mañana (-14°C) es mas baja de lo necesario, lo cual implica un mayor uso de energía.

b. En el caso de las mediciones de la tarde se demuestra que la unidad condensadora esta bastante sobre dimensionada.

Utilizando tablas de rendimiento de compresores, se pudo establecer una comparación de consumos eléctricos con los rendimientos frigoríficos, lo cual se presenta en la siguiente tabla de arriba.

Es posible apreciar que existe un potencial de reducir el consumo eléctrico en por lo menos un 3.8% sin sacrificar el rendimiento frigorífico. Para esto se requiere un control más preciso de la presión de condensación.

Extrapolando estos ahorros a un año completo, fue estimado que los ahorros podrían ser superiores en los meses de invierno donde la unidad funciona a cargas parciales, y que sería posible lograr ahorros del orden de un 10%.

Las opciones de control de la presión se pueden lograr a través de controlar el funcionamiento de los ventiladores de la unidad condensadora. Esto se puede lograr mediante la incorporación de presostatos simples, tipo ON-OFF, de reposición automática para cada ventilador, que permitan mantener una presión de condensación más constante posible entre 16 y 20 bar.

En algunos casos es posible, que sólo se requiera de una regulación adecuada de los instrumentos de control para lograr presiones de trabajo adecuadas y estables. Esto permitirá mantener este equipo en una condición de máxima eficiencia.

Esta es otra medida de EE claramente atractivo y también se recomendó su implementación inmediata. Esta oportunidad corresponde nuevamente a una acción de baja inversión y que debe permanecer en el tiempo como un ítem de eficiencia en la operación.

Conclusiones

Se estima que es posible ahorrar entre un 2% y un 3% por cada grado que sea posible disminuir en la temperatura de condensación. A su vez se estima también que sería posible obtener ahorros entre un 1% y un 4% por cada grado que sea posible elevar la temperatura de evaporación.

Pero esto no es todo, existen variadas oportunidades en el área de refrigeración industrial y comercial. Algunas de ellas serán de tipo genéricas, pero la gran mayoría serán específicas al tipo de instalación. Es altamente recomendado realizar diagnósticos energéticos, que faciliten la identificación de estas oportunidades de EE y sus potenciales medidas asociadas. Es importante analizar las medidas desde el punto de vista técnico y económico.

Hoy en día existen instrumentos que permiten a las empresas realizar y co-financiar este tipo de estudios. Pero es siempre recomendable comenzar internamente y buscar la asesoría de expertos para temas específicos.

SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN NATURAL

Preparado por el Área de Refrigeración de Alfa Laval S.A.C.

Durante la década de 1980, con el descubrimiento de los Clorofluorocarbonos (CFCs), que agregaron al efecto de calentamiento global la disminución de la capa de ozono, se dio un ímpetu adicional a la búsqueda de refrigerantes alternativos o naturales, mediante el Protocolo de Montreal suscrito por las principales naciones industriales en 1987.

En sus esfuerzos para descubrir los refrigerantes del futuro, los ingenieros han pasado mucho tiempo mirando al pasado; hacia los albores de la era de la refrigeración; de hecho, la producción natural de gases como el amoníaco (NH₃) y el Anhídrido carbónico (CO₂) fue utilizada primero para la fabricación de hielo y luego para crear la refrigeración.

Una historia breve

Según algunos historiadores científicos, los primeros pasos en el desarrollo de la refrigeración moderna, fueron dados allá por el Siglo 18. En esa época, los científicos aislaron primero el amoníaco, el oxígeno y el anhídrido carbónico, y descubrieron que el éter y otros líquidos volátiles podían congelar el agua si se permitía su evaporación en contacto con ellos. A principios del Siglo 19, Michael Faraday primero demostró que el amoníaco y el CO₂ se licuaban bajo presión. Los tres descubrimientos fueron importantes para la investigación que se llevó a cabo sobre la refrigeración durante el siglo siguiente.

El empuje real, inicialmente para desarrollar sistemas para la fabricación de hielo industrial con el objeto de preservar los alimentos, se generó en la primera mitad del Siglo 19. En 1834, Jacob Perkins desarrolló la primera máquina de compresión de vapor, cargada con éter. Aunque no se la aprovechó comercialmente sino hasta mucho después, su máquina contenía los cuatro elementos principales que se encuentran en los modernos sistemas de refrigeración; un compresor, un condensador, una válvula de la expansión y un evaporador. En 1851 John Gorrie patentó un pequeño sistema de producción de hielo, que utilizó la rápida expansión del aire comprimido en presencia de agua para crear el hielo.

Tres sistemas compitieron inicialmente por la supremacía en la carrera sobre la refrigeración. Éstos eran los sistemas de aire frío, como el patentado por Gorrie, las máquinas de absorción de vapor y los sistemas de condensación de vapor - tales como el de Perkins - que fuera adoptado como norma a través de la industria. En estos sistemas iniciales de condensación de vapor se usaron muchos compuestos diferentes, incluyendo el amoníaco, el anhídrido carbónico, el éter sulfúrico y una variedad de hidrocarburos, antes de que el amoníaco se convirtiera en el refrigerante de elección por la mayoría de los instaladores.

El amoníaco es un compuesto de producción natural, pero primero fue sintetizado en 1823, reaccionando con el aire y el hidrógeno. La producción comercial de amoníaco como un derivado del proceso de destilación del carbón y del coke comenzó a fines de la década del 1800, y la primera planta comercial para la producción de amoníaco sintético se estableció en 1913. A principios del Siglo 20, los sistemas de refrigeración a base de amoníaco, eran comunes en las cervecerías y los depósitos para la conservación mediante el frío en Europa y en los EE.UU. El diseño básico del sistema de compresor de refrigeración a vapor, utilizando un refrigerante en un ciclo cerrado de evaporación, compresión y expansión, ha cambiado muy poco desde principios del 1900. La mayor parte del trabajo hecho desde entonces se ha concentrado en refinar los sistemas, desarrollando mejores compresores y reajustando los componentes y las presiones para lograr óptimas temperaturas de funcionamiento.

Por lo tanto ¿por qué el amoníaco y otros refrigerantes naturales perdieron el favoritismo? La respuesta es que el desarrollo de refrigerantes de Clorofluorocarbono tales como el Freon en los años 30 proporcionaron la oportunidad de desarrollar un gran mercado de refrigeración doméstica por primera vez, principalmente porque podía usarse con motores de pequeño tamaño, pero también porque no presentaban la misma amenaza a la salud como lo hacía el amoníaco.

A partir de que no tenían olor, no eran tóxicos y por lo menos comparables con otros refrigerantes en relación a su precio, los CFCs también reemplazaron más rápidamente a los refrigerantes naturales en sistemas de aire acondicionado, y consecuentemente, en muchas partes del mundo estaban especificados en los códigos de construcción como los refrigerantes requeridos.

Sólo es relativamente reciente el que los científicos han señalado a los CFCs como principales contribuyentes al recalentamiento global. Desde los “años treinta” en adelante se convirtieron en la principal fuente de refrigeración para virtualmente todos los refrigeradores domésticos y las instalaciones del aire acondicionado domésticas y comerciales. El amoníaco, mientras tanto, se retuvo en muchas partes del mundo y sobre todo en América del Norte, como el medio refrigerante preferido para el proceso de alimentos, el congelamiento y el almacenamiento. A partir de la prohibición de los CFCs, ha habido un pronunciado amento de uso del amoníaco - y otros refrigerantes naturales - ambos para estos mercados tradicionales y también en las áreas tales como las de aire acondicionado para grandes escuelas, hospitales y otros grandes edificios, tiendas y sistemas refrigerantes distritales.

El amoníaco como un refrigerante

Como su fórmula química – NH_3 – lo indica, el amoníaco está compuesto por un átomo de nitrógeno y con tres átomos de hidrógeno. Es un compuesto natural esencial para muchos procesos biológicos y es por consiguiente, inherentemente compatible con el ambiente. La mayoría del amoníaco en nuestro ambiente se produce naturalmente por la descomposición de estiércol, de las plantas y los animales y proporciona el nitrógeno para las plantas y los animales. De los dos mil millones de toneladas métricas estimadas de presencia de amoníaco en el mundo, sólo alrededor del cinco por ciento es artificial.

El grado del amoníaco refrigerante es anhidro; es decir no contiene agua y también es 99.98% puro. Es de fácil fabricación y esta disponibilidad mantiene su precio competitivo. Lo que lo hace particularmente conveniente como refrigerante es su superior performance termodinámica. El amoníaco es capaz de absorber grandes cantidades de calor cuando se evapora, requiere menos energía y, según algunos expertos, es de 3 a 10% más eficaz termodinámicamente que otros refrigerantes. Por consiguiente, según el Instituto Internacional de Refrigeración por Amoníaco, la instalación de una planta de refrigeración industrial típica diseñada para usar amoníaco cuesta entre un 10 y un 20% menos que otros sistemas industriales de refrigeración. Este mismo instituto indica que para lograr una temperatura dada, se necesita menos amoníaco que usando otros refrigerantes industriales.

Estas características contribuyen a uno de los importantes atractivos del amoníaco - su mínimo impacto en el ambiente. La valoración del impacto de sistemas de refrigeración involucran ahora dos consideraciones: Impacto de Calentamiento Equivalente Total (TEWI) y, más recientemente, Performance del Clima en el Ciclo de Vida (LCCP). Básicamente, la premisa es que los sistemas de refrigeración impactan directamente en el ambiente en forma de emisiones (gases de Invernadero) que contribuye al recalentamiento global e indirectamente, a través de las emisiones de anhídrido carbónico, que son la resultante de la conversión de combustibles fósiles en la energía necesaria para impulsar los sistemas. TEWI es la suma de los indicadores de estos recalentamientos globales, mientras que LCCP toma el cálculo de una etapa siguiente, la que produce un impacto en la producción de refrigeración, distribución y los costos de disposición final.

A partir de que las plantas de amoníaco requieren menos energía, las emisiones de carbono producidas para impulsarlas son, similarmente, bajas. Así como no daña la capa de ozono, el ciclo de vida del amoníaco de menos de una semana una vez expuesto a la atmósfera, asegura que también tiene cero impactos medioambientales en cuanto se refiere a los gases de invernadero.

Desde luego, existe un lado inconveniente. El amoníaco es inherentemente peligroso para los seres humanos. La exposición al gas del amoníaco puede causar un serio daño a los pulmones, los ojos y otras áreas que contienen humedad, la que convierte el gas en el corrosivo hidróxido de amonio. Sin embargo, el distintivo e instantáneamente reconocido olor del amoníaco actúa como un detector de fugas; incluso los rastros no peligrosos de amoníaco serán notados inmediatamente por cualquiera que se encuentre cerca.

Este aspecto de auto señalamiento del compuesto, significa que inclusive pueden descubrirse y repararse inmediatamente las fugas más pequeñas de un sistema de refrigeración. Además, el amoníaco es diecisiete veces más liviano que el aire, lo cual significa que una fuga de gas se elevará inmediatamente y se disipará en la atmósfera. Si hay alguna presencia de agua, se formará una espesa nube de vapor clara y visible. En general, los registros de seguridad del amoníaco como refrigerante se comparan favorablemente con otros sistemas.

Proporcionado todo lo anterior, posiblemente no sorprenda que el amoníaco y otros refrigerantes naturales estén haciendo su regreso. En nuestros tiempos de conciencia medioambiental, cualquier “nuevo” producto que protege el ambiente mientras reduce los costos deben tener un futuro brillante: inclusive uno que ha estado en uso corriente durante más de 100 años.

REEMPLAZO DE UN COMPRESOR EN EL

CAMPO *Tomado de: Emerson Climate Technologies*

General

Seguridad ante todo

Siga las recomendaciones listadas a continuación al prestar servicio a una unidad en el campo:

1. Corte la alimentación de energía al equipo.
2. Use anteojos de seguridad, el sistema contiene gas refrigerante y aceite de alta presión.

3. Saque el refrigerante de la unidad, tanto por el lado de alta, como por el lado de baja.
4. Corte la tubería mediante una herramienta de corte.
No utilice un soplete para este fin.
5. Antes de poner en marcha nuevamente la unidad, verifique que haya una conexión a tierra efectiva.
6. Coloque la tapa de la caja de conexiones del compresor antes de energizar al equipo.
7. El no seguir estas recomendaciones puede causar accidentes que provoquen heridas serias e incluso la muerte.

Corrija las causas de falla del compresor anterior

Asegúrese de haber identificado la causa de la falla del compresor anterior y de tomar las acciones correctivas correspondientes.

Procedimiento correcto para retirar un compresor dañado de un sistema

Recuperar el refrigerante tanto del lado de alta como del lado de baja del sistema. Utilice un equipo adecuado y siga el procedimiento correcto para recuperar todo el refrigerante del sistema. No corte la tubería hasta que todo el refrigerante haya sido removido del sistema. Utilice una herramienta de corte, no utilice un soplete.

El compresor retirado, debe ser adecuadamente sellado para evitar derrames de aceite durante su transporte.

Si el compresor dañado va a ser remitido a un taller autorizado para su inspección, suelde en ambas conexiones del compresor unos tubos cortos de cobre de forma que sobresalgan aproximadamente 5 cm (2") del accesorio de conexión del compresor, aplaste el extremo y selle con soldadura (ver ilustración).

Prueba de Acidez y limpieza del sistema

Si se sospecha la existencia de contaminación por acidez, especialmente si el motor del compresor anterior se quemó, debe llevarse a cabo una prueba de acidez al aceite residual del sistema. Utilice un kit de acidez Emerson "AA Kit Universal de acidez" o equivalente, para obtener un resultado confiable.

En el caso de un motor quemado y/o acidez en el sistema, la mayor parte del aceite contaminado será retirado junto con el compresor dañado. El resto del aceite y el sistema, deben ser limpiados mediante el uso de filtros deshidratadores adecuados instalados en las líneas de succión y de líquido.

Se recomienda la utilización de filtros deshidratadores especiales que tengan una composición de alúmina, tamiz molecular y carbón activado, como el BOK para línea de líquido, el ASK para línea de succión de Emerson, o equivalentes, del tamaño inmediato superior a la capacidad correspondiente, para mayor captación de contaminantes y caída de presión controlada. En caso de piedras reemplazables, se recomienda el TD-48C (o W- 48) de Emerson o equivalente. Se recomienda reemplazar estos filtros después de 72 horas de operación del nuevo compresor. Si el nivel de acidez y suciedad siguieran siendo altos, repita con el mismo tipo de filtros, pero, si el nivel de suciedad y acidez se vieron significativamente reducidos, debe instalar los filtros deshidratadores definitivos: EK para líquido y SFD para succión de Emerson, o equivalentes, ahora los del tamaño correspondiente a la capacidad del sistema. Si son del tipo piedras reemplazables, usar el bloque H-48 para R-22, o el UK- 48 para sistemas con aceite POE y refrigerantes HFC.

Si el nivel de contaminación inicial de la quemadura hubiese sido muy severo, habrá que hacer los cambios de deshidratadores con carbón activado: el primero a las 24 horas de funcionamiento del compresor, el siguiente 48 horas después, y hacer nuevamente pruebas de acidez en el aceite para saber si ya se pueden volver a instalar los deshidratadores EK para líquido y SFD para succión; estos, tienen la capacidad para aceite POE, adicionalmente, el EK es de supe-alta filtración con baja caída de presión. Es conveniente asegurarse dos semanas después, de que el sistema haya sido totalmente des-contaminado.

Para mayor información, refiérase a los boletines de Ingeniería de Aplicación: AE24-1105 Principios para la Limpieza de Sistemas de Refrigeración, y AE11-1297 Filtros Secadores.

Remplazando un Scroll por un Scroll

Guía para ajustar el nivel de aceite en el nuevo compresor

Compresores que no tienen la conexión de ecualización del nivel de aceite.

1. Antes de instalar el nuevo compresor, mida el nivel de aceite que quedó en el compresor dañado.
2. Calcule la diferencia entre la carga original de fábrica que figura en la etiqueta de identificación y el aceite restante en el compresor dañado. Lo más probable es que ésta será la cantidad de aceite remanente en el sistema.
3. Al arrancar el compresor, esté pendiente para remover el aceite sobrante por medio de la válvula de acceso schrader en la parte baja del casco del compresor, o en compresores Summit de 7 a 12 HP, por el puerto de servicio que se recomendó instalar en la parte baja de la conexión de succión. Primera purga a los 15 minutos del arranque y 2ª, a los siguientes 15.

4. Asegure también el adecuado retorno de aceite al compresor.

Compresores con conexión de ecualización del nivel de aceite.

1. Dado que puede derramarse aceite desde la conexión de succión ubicada en la parte baja del casco, el tapón de la conexión de succión debe ser dejado en su lugar hasta que el nuevo compresor quede fijado a su unidad. En lo posible, el compresor debe mantenerse en posición vertical durante su manipuleo. El compresor puede inclinarse, pero no debe acostarse.
2. El tapón de la conexión de descarga debe ser retirado antes de retirar el tapón de la conexión de succión para permitir que pueda escapar la presión del aire seco que se encuentra dentro del compresor. Retirar los tapones en esta secuencia evita que la niebla de aceite que se produce al despresurizar, forme una película sobre la pared interna del tubo de succión, lo que dificultaría la soldadura. El tubo de succión de acero cobrizado debe limpiarse antes de la soldadura.

Reemplazo de un compresor BR o QR por un Scroll Summit de 7 a 12 HP

Seleccione el compresor adecuado de acuerdo a la aplicación requerida:

1. AIRE ACONDICIONADO
2. REFRIGERACIÓN

Procedimiento recomendado

1. Corte las conexiones del compresor dañado y proceda a retirarlo. Instale el nuevo Summit en su posición. Las dimensiones externas así como los orificios de montaje serán diferentes, utilice el mismo compresor para definir la ubicación de los mismos o refiérase a la fig.2. Si desea, también hay disponible una base adaptadora P/N 922-0001-00
2. El compresor Scroll de Copeland puede inclinarse, pero no debe acostarse. Tenga cuidado durante su manipuleo.
3. Debe quitarse primero el tapón de la conexión de descarga. No quitar el tapón de la conexión de succión hasta que el compresor esté instalado en posición.
4. Para darle suficiente flexibilidad a las líneas para absorber los esfuerzos torsionales en arranques y paradas, recomendamos que la línea de succión corra un mínimo de 30 cm paralela al eje vertical del compresor, y que la línea de descarga lo haga por un mínimo de 40 cm. Vea el ejemplo de la fig.3.

5. En compresores que no tengan la conexión de ecualización del nivel de aceite, recomendamos instalar una válvula de acceso tipo Schrader en la parte inferior de la conexión de succión, para drenar un posible exceso de aceite del sistema durante la operación de puesta en marcha.
6. Siga el procedimiento de soldadura indicado.

Procedimiento de Soldadura

Las conexiones de acero revestido en cobre (cobreado) de los compresores Copeland Scroll puede ser soldadas de la misma manera que cualquier tubo de cobre. Se recomienda un material de aporte de cobre-fóforo, preferiblemente con un contenido de plata del 5%.

Refiérase a la figura 6 para seguir el procedimiento de soldadura descrito a continuación:

1. Asegúrese que el interior del accesorio de conexión del compresor y el exterior del tubo a conectar estén limpios y libres de aceite antes del ensamblaje. De hallarse una película de aceite sobre la pared interna de la conexión, limpie con un solvente adecuado.
2. Antes de proceder a soldar la tubería, conviene eliminar el aire que se encuentra dentro de la unidad, purgando el sistema con un gas inerte como el nitrógeno para evitar la formación de escoria.
3. Utilice un soplete de dos puntas para aplicar calor en la Zona 1. Mientras el tubo alcanza la temperatura de soldado, mueva la llama del soplete a la Zona 2.
4. Caliente la Zona 2 hasta que se consiga la temperatura de soldado, moviendo el soplete a lo largo y alrededor de tubo según sea necesario para calentar el tubo de forma pareja. Agregue el material de aporte a la unión mientras mueve el soplete alrededor de la misma para que el material de aporte se distribuya en forma pareja alrededor de toda la circunferencia.
5. Luego de que el material se haya distribuido alrededor de la unión, mueva el soplete para calentar la Zona 3. Esto arrastrará al material de aporte dentro de la unión. El tiempo utilizado para calentar la Zona 3 debe ser mínimo. Como con cualquier unión de soldadura, el calentamiento excesivo puede resultar perjudicial al resultado final.

Componentes eléctricos

Verifique el estado de los contactos del contactor, no intente limarlos ni lijarlos, en caso de duda reemplace el contactor.

Verifique que la corriente a rotor bloqueado que soporta el contactor (si no está indicada, considere 5 veces la corriente máxima en categoría AC3) sea mayor o igual a la corriente a rotor bloqueado (LRA) del compresor, que se encuentra indicada en la etiqueta de identificación del mismo.

Se requiere un calefactor de cárter, instalado por debajo de la conexión de succión, que debe permanecer energizado cada vez que el compresor esté parado, en todas las aplicaciones donde la carga de refrigerante del sistema exceda los 7 Kg. (16 Lbs).

Puesta en marcha del nuevo compresor

Proceda a una cuidadosa búsqueda y reparación de fugas.

Una vez verificado que el sistema es hermético, proceda a la evacuación del mismo hasta lograr una presión absoluta de 500 micrones de mercurio, o al menos, mediante el procedimiento de triple vacío.

Es una buena práctica cargar la mayor parte del refrigerante como líquido por el lado de alta de la unidad y luego completar la carga con vapor por el lado de baja.

Mantenga la presión de succión por encima de las 25 PSIG cuando se utilice R-22 ó R-407C, y por encima de las 50 PSIG en sistemas con R-410A.

No es aceptable para ningún compresor, que se vierta refrigerante líquido de un cilindro o garrafa, directamente al cárter del compresor.

No ponga en marcha el compresor mientras el sistema esté en vacío, inclusive si sospecha que no hay suficiente refrigerante en el lado de succión, puede quemarse el motor o producirse un arco interno que funda sus conexiones eléctricas o ambas cosas a la vez. Asegúrese de completar la carga de refrigerante lo más rápido posible por la succión.

Es posible suministrar líquido por la succión de manera regulada solo con el compresor funcionando y solo para completar la carga. Válido para compresor Scroll Summit de 7 a 12 HP.

Una vez que el sistema esté en marcha, haga funcionar el compresor por un espacio de 15 minutos.

Detenga la unidad. Por medio de una manguera acoplada a la conexión de equalización de aceite, o a la conexión instalada para tal fin en la parte inferior de la conexión de succión, purgue el excedente de aceite hasta que por la conexión salga solo gas, o que el nivel de aceite cubra entre 1/3 y 1/2 del visor.

Repita estos últimos dos pasos de ser necesario.

Dirección de rotación de los compresores trifásicos.

Los compresores Scroll sólo pueden bombear en un sentido de rotación determinado. Debe verificarse el sentido de giro correcto del compresor.

Síntomas de la rotación invertida:

- El compresor es notablemente más ruidoso.
- El compresor no comprime, por lo tanto las presiones de succión y descarga no variarán significativamente.
- El consumo de corriente será muy inferior al esperado (60% aprox.).
- El protector térmico interno se disparará después de algunos minutos de marcha.

La rotación invertida por cortos períodos, no dañará a un compresor Scroll de Copeland.

¡Cuidado! ...¡Atención!

Para compresores comerciales Scroll ZR*KC y ZB*KC de 7 a 12 HP.

Emerson Climate Technologies implementó una mejora denominada “ASTP” Protección de Temperatura Scroll Avanzada, que consiste en un dispositivo bimetálico interno, en el compresor, que se activa por alta temperatura de descarga para protección contra recalentamiento.

Si después de la instalación y arranque, el compresor deja de comprimir y/o posteriormente se para, lo más probable es no tenga daño, sólo se protegió por alta temperatura de descarga debida a una falla ajena al compresor que hay que corregir antes de volver a poner en marcha.

El restablecimiento del compresor, puede llegar a tardar hasta dos horas dependiendo de cuánto permaneció funcionando con la falla antes de parar.

La Protección ASPT funciona descargando el scroll cuando la temperatura interna llega a alrededor de 300°F (135°C). A esta temperatura, el disco bimetálico se abre y hace que los elementos del scroll se separen, interrumpiendo la compresión.

Las presiones de succión y de descarga se equilibran mientras que el motor continúa funcionando. Para restablecer, hay que parar el compresor y dejarlo enfriar, tarda. Si no es parado, el motor continuará en marcha hasta que se dispare el protector térmico del motor unos 90 minutos después.

MOTORES ELÉCTRICOS EN AIRE ACONDICIONADO, REFRIGERACIÓN Y CALEFACCIÓN

Preparado por Ing. Javier Ortega C., Emerson Climate Technologies.

Cuando hablamos de un sistema de aire acondicionado o refrigeración, por lo general se tiende a darle importancia a la capacidad de refrigeración (ton, Btu/h, Kcal./h, Watts, etc.), así como a las características técnicas del condensador, del evaporador, válvula de expansión, tuberías, etc. Es importante considerar la otra parte del sistema de enfriamiento, que es la parte eléctrica, que es con la que alimentaremos de energía al sistema para poderlo operar, y que se debe tener en suficiente cantidad y condiciones para satisfacer la demanda de energía requerida por el sistema de enfriamiento. La parte eléctrica se puede dividir, el sistema Eléctrico de Poder, el sistema Eléctrico de Control, el Sistema Eléctrico de Protección.

Entre los sistemas de refrigeración, el método más común es el sistema de **Compresión de Vapor**, sus elementos necesarios para tomar o manejar el calor son simples, y se pueden representar básicamente en el diagrama de flujo de energía de la Fig. 1.

Desde el punto de vista económico, el mejor sistema de refrigeración es aquel que remueve la mayor cantidad de calor **Qc** del refrigerador, con la mínima cantidad de trabajo mecánico u energía del compresor **W**

Se define como **Coeficiente de Funcionamiento** (en Inglés, Coefficient of Performance COP), de un Moto-Compresor en un sistema de refrigeración, a la relación **Qc / W** (dadas **Qc** y **W** en las mismas unidades de energía, Btu, Kcal., Watt-hora, Joules), por lo tanto, las unidades del COP son por unidad (p/u).

COP = Refrigeración (Watts) / Potencia de Entrada (Watts) (p/u)

Si este valor es mayor, el sistema es más eficiente, y su costo de operación es menor. Como la Potencia es igual a la relación de la Energía sobre el tiempo, en las relaciones anteriores se puede tomar la Potencia (Btu/h, Kcal./h, o Watts).

Cuando la Potencia de enfriamiento está dada en el sistema Británico de unidades. Su unidad es el Btu/h, y cuando la Potencia de entrada al motor está dada en Watts. Entonces se define la Relación de eficiencias de Energías EER, como:

EER = Refrigeración (en Btu/h) / Potencia Eléctrica de entrada al Moto-Compresor (en Watts).

Las unidades del valor del EER son Btu/h-W, y nos indica, el enfriamiento del evaporador en Btu/h, por cada Watt de consumo eléctrico del Moto-Compresor. El valor del COP o EER no es un valor constante, depende de las condiciones temperatura presión de la succión y descarga del compresor, así como de su eficiencia (sus pérdidas) mecánica y eléctrica, su Factor de Potencia. Es muy importante cuando se comparen técnicamente dos Moto-Compresores, las condiciones de presión y temperatura de succión y de descarga sean exactamente las mismas. En aplicaciones de Aire Acondicionado o alta temp. de evaporación, valores del orden de 9 Btu/h-W o mayores son comunes. Para media temperatura de evaporación son del orden de 6 Btu/h-W. Y para baja temperatura de evaporación son del orden de 3. Entre mayor sea el valor del EER en un Moto-Compresor, evidentemente es más eficiente, y cuesta menos su operación.

POTENCIA DE UN MOTOR ELÉCTRICO

Se acostumbra comúnmente decir erróneamente “Caballo de Fuerza”, y debe decirse “Caballo de Potencia” y se abrevia **HP (Horse-Power)**. Los motores eléctricos y mecánicos se especifican de acuerdo a sus Caballos de Potencia (HP). Un HP es igual a 745.7 Watts.

Cuando una máquina motriz se dice que es de una potencia de “X” HP, nos referimos a que en su flecha con ciertas condiciones es capaz **de entregar** esa potencia, o sea su potencia de salida es de “X” HP. La unidad de Potencia en Watts (o en Kwatt = 1000 Watts), es usada por lo general para indicar la potencia **de entrada** al motor. En los motores abiertos o con flecha visible de uso general, su potencia mecánica **que entrega** en la flecha (HP) se puede medir con perfecta exactitud, deben ser un valor preciso de la potencia entregada en la flecha, así mismo su potencia eléctrica **de entrada** en Watts. El fabricante de este tipo de motores abiertos puede y debe garantizar la Potencia mecánica en HP, que su motor es capaz **de entregar** continuamente en ciertas condiciones. (Voltaje, frecuencia, Par, RPM, Temp. ambiente, etc.) La diferencia de la Potencia de Entrada menos la Potencia de Salida, son la suma de las Pérdidas Eléctricas y Mecánicas del Motor. Los motores de alta eficiencia, son los que tienen bajas pérdidas eléctricas y mecánicas. En los motores usados en los compresores Herméticos y Semiherméticos la determinación de la potencia mecánica en la flecha en HP a la entrada del compresor es imposible, o en otras palabras la potencia que demanda el compresor no se puede medir.

La forma en la que la potencia en HP Caballos de Potencia se calcularía, sería mediante la estimación de las pérdidas eléctricas y mecánicas, restándolas a la

potencia de entrada, y así llegar al valor de los HP del Moto-Compresor, por lo tanto HP en los Moto-Compresores Herméticos y Semiherméticos es un valor poco preciso, solamente nos da una idea del tamaño estimado del motor Sin embargo existen normas para asignar los HP, Tablas N.E:C. (National Electric Code) 430-148 y 430-150... Por esto es importante que al comparar dos sistemas de refrigeración, ó dos Moto-Compresores, no se pueden ni se deben comparar en base a sus HP, ya que para un fabricante tiene un compresor de 1/4 HP ligero, y otro 1/4 HP pesado, otro tiene un compresor de 30 HP, y para otro fabricante es de 35 HP. En sistemas de Aire Acondicionado, y Refrigeración, se deben medir la Potencia de enfriamiento (QC) en Btu/h, Watts, Kcal./h etc. y la Potencia Eléctrica de entrada al motor (W) de compresor en Watts. Y desde luego estos valores serán a una sola condición predeterminada de Temperatura y Presión del refrigerante en la Descarga y la Succión del compresor. Los HP en refrigeración es un valor de referencia, que nos indica más o menos el tamaño físico del moto-compresor.

Tipos de Motores Eléctricos

Los motores Eléctricos en refrigeración se pueden clasificar de acuerdo a su uso:

A. Para accionar los compresores:

Compresores Abiertos (con flecha visible) conectados mecánicamente por medio de bandas y poleas, o directamente mediante un acoplamiento

Compresores Herméticos, Semiherméticos, Scroll, conectados en sus flechas internamente

B. Para accionar ventiladores:

Para los condensadores
Para los evaporadores
Para manejadoras de aire
Para extracción e introducción de aire

C. Para accionar Bombas

Sistemas de de aceite (compresores Tornillo)
Para mover el agua fría (en Chillers)
Para agua en máquinas de fabricación de hielo.

En este artículo se estudiará en principio dos tipos de motores de corriente alterna (a-c) más comunes en refrigeración, **los Trifásicos y los Monofásicos**, ambos son de Inducción, aplicados a los compresores Herméticos y Semiherméticos. Un Moto-Compresor para refrigeración, Hermético o un Semihermético, es una combinación de motor y compresor que se encuentran encerrados dentro de la misma carcasa. Su

diferencia es que el Semihermético se puede desarmar sin destruirse, y el Hermético se destruye. Para fines prácticos ambos son compresores Herméticos (inclusive el compresor Scroll).

Motor Trifásico de Inducción - Principio de Operación

Su principio de operación (ver Fig. 2) consta de un embobinado trifásico, perfectamente balanceado (o idénticos), por el cual circula una corriente alterna, cada una de las fases produce un campo magnético oscilatorio. Los ejes de los tres campos están **desfasados eléctricamente y físicamente 120°**. Y cuya dirección es constante.

Observando la Fig. 4, la suma de los tres vectores nos produce un campo magnético de magnitud constante cuya dirección varía con el tiempo, cuyo eje gira a la velocidad de sincronismo, dicho campo magnético resultante tiene una magnitud de 1.5 veces la magnitud máxima de cualquiera de los tres campos componentes.

El campo magnético Principal BR induce una corriente en las barras de la Jaula de Ardilla del rotor, la cual a su vez produce un campo magnético BR de reacción opuesto al campo magnético principal, produciendo una Fuerza Contra Electromotriz oponiéndose al voltaje de alimentación del estator del motor, regulando así el valor de la corriente (Amp.) total del motor. Emerson prácticamente cubre todas las necesidades de aplicación de los motores trifásicos. Motores Emerson de alta eficiencia para compresores Herméticos, Semiherméticos y Scroll, para las aplicaciones con los diferentes refrigerantes para Aire Acondicionado y todos los rangos de temperatura de la Refrigeración Comercial, desde 1/2 HP hasta 60 HP, 1750 rpm (Sinc1800 rpm), con todas las combinaciones de voltajes, y con arranque a corriente reducida (en su caso). Todos, con un Alto Par de arranque, y protecciones térmicas correspondientes, y de alta eficiencia Premium.

Para Motores con flecha visible para la Industria de la Refrigeración, Aire Acondicionado y Calefacción, Emerson produce los motores trifásicos de alta eficiencia y eficiencia Premium. Para aplicaciones en ventiladores para unidades condensadoras, Manejadoras de Aire, Fan and Coils, Evaporadores, en Ventiladores par enfriamiento, son motores que pueden ser totalmente cerrados, con base resilente, intemperie, ambientes de polvo, aprueba de Goteo etc. altas temperaturas ambientales de operación (para condensadores a 60 °C ambiente, de 1/3 a 2 HP), de aplicaciones en propósitos generales desde 1/4 HP hasta 30 HP, y con mayores potencias, etc.

Motor Monofásico

Si en un motor eléctrico, su embobinado es de un solo devanado, o de una sola fase, y es excitado con corriente alterna, produce un solo campo oscilatorio, y por lo tanto su rotor no se movería. Para moverse requiere campos magnéticos desplazados

espacialmente entre sí, y excitados con corrientes desfasadas, para crear un campo giratorio.

El rotor es del tipo de jaula de ardilla, al excitarse la bobina M con corriente alterna, su flujo magnético produce en el rotor por efectos de transformación una Fuerza Electromotriz y a su vez una corriente en la jaula de ardilla y un flujo magnético oscilante ϕ_P convirtiendo al rotor en una bobina con su flujo en la misma dirección de M.

Si al rotor se le da un impulso inicial, corta al flujo de la bobina M, induciendo en sus conductores una Fuerza Electromotriz debida a la rotación, la cual hace circular una corriente que produce un flujo magnético ϕ_I perpendicular al flujo original de de M, ϕ_P .

Estos dos flujos en cuadratura producen un campo giratorio, el cual hace que el rotor continúe con su propia rotación.

Por lo anterior se concluye que estos motores por sí solos no tienen par de arranque, y que es necesario proveerlos de un medio para su arranque, para ello usualmente se tienen:

A.- Motores con Polos Sombreados

Al pasar el flujo principal ϕ por la espira en corto circuito induce en ella una Tensión que hace circular una corriente que a su vez produce un flujo ϕ_1 que se encuentra atrasado y se opone al flujo principal, creando como resultado que el flujo principal se desplace en la forma indicada en la Fig. 4, este desplazamiento da el impulso inicial al rotor, necesario para moverlo. Este tipo de motores se pueden diseñar también para dos velocidades o más. Debido a su bajo par de arranque, y a que se pueden ofrecer a diferentes velocidades este tipo de motores se aplica en la refrigeración, en ventiladores pequeños.

Emerson Climate Technologies ofrece los Motores Emerson de Polos Sombreados con la diversidad de tipos requeridos cubriendo prácticamente todas las necesidades principales para cada aplicación en particular (diferentes versiones de flechas, armazones y lubricación desde 1/20 hasta 1/4 HP)

B.- Motores de Inducción de Fase Bipartida

Es el motor más usado en aplicaciones de potencias fraccionarias de HP, de 1/2 HP hasta 5 HP en 1800 rpm y 3600 rpm, .y en motores abiertos hasta 10 HP en 1800 rpm Su operación en principio es simple, se usan dos devanados en el estator, uno denominado auxiliar A para el arranque, y el otro el de marcha u operación P, En su

armadura o rotor no se encuentra ningún devanado, se encuentra un armazón de barras de cobre o de aluminio conectado en forma de jaula de ardilla Fig. 5.

En motores de baja potencia y bajo par de arranque no se requiere el capacitor, el desfasaje de I_A con I_P se logra haciendo el devanado P de alambre grueso y pocas vueltas (baja reactancia), y el devanado A de alambre delgado y muchas vueltas (alta reactancia).

En estos motores el devanado auxiliar permanece conectado todo el tiempo. Los motores Emerson de este tipo son de 1/6, 1/4, 1/3, 1/2, HP, principalmente para ventiladores, ver Fig. 5. Para motores de un alto par de arranque, con un mejor desfasaje entre la corriente del devanado principal I_P con el arranque auxiliar I_A , se logra con mayor perfección con un capacitor de arranque en el bobinado auxiliar, este capacitor y el devanado auxiliar se desconectan una vez alcanzada la velocidad de rotación del motor, mediante un Relé en el caso de motores para compresores herméticos de refrigeración o un interruptor centrífugo en otros casos.

Este motor se denomina **Arranque con Capacitor y con Marcha de Inducción** (Capacitor Start – Inducción Run, **CSIR**) ver Fig. 6. Estos motores producidos por Emerson son usados en **Compresores Herméticos** pequeños desde 1/12 HP hasta 1/2 HP (a 3500 rpm), para aplicaciones de Refrigeración alta media y bajas temperaturas de evaporación, como refrigeradores domésticos, congeladores, enfriadores de botellas, vitrinas enfriadoras, etc.

Motores de Fase Bipartida con Capacitor de Marcha Permanente sin Capacitor de Arranque y sin Relé.

(Permanent Split Capacitor Motor PSC)

Estos motores se aplican donde se requiere un bajo par de arranque, y que la corriente de línea se disminuya lo más posible, esto se logra colocando un capacitor de marcha como lo indica la Fig.7. Este capacitor de marcha es usado para mejorar la eficiencia, elevar el Factor de Potencia, y disminuir el ruido del motor. La Capacitancia debe ser determinada para cada motor y aplicación y obtener el consumo mínimo posible de corriente (amperes).

El diagrama de la Fig. 8 nos muestra la variación de corriente eléctrica total del motor en operación V/S la variación en Capacitancia. En la Fig. 8 puede observar la gran variación en el consumo de corriente simplemente variando la capacitancia. Si en un motor en determinada condición se especifica un capacitor de marcha con una capacitancia de 40 microfaradios tomará 4.0 amperios, si se cambia el capacitor de marcha por uno de 30.0 microfaradios, el motor consumirá 6.2 amperios, el motor se calentará y se quemará, y además el costo del consumo eléctrico se aumentará. Estos motores se denominan **Motores con Fase Bipartida con Capacitor de Marcha Permanente** Su aplicación es muy amplia en Compresores Herméticos para Aire Acondicionado Y Bombas Térmicas desde 1 HP hasta 5 HP. En motores con flecha

visible en los ventiladores de condensadores para uso residencial y comercial, para unidades condensadoras para refrigeración, Para ventiladores de evaporadores (Fan and Coil) con doble flecha, Operaciones de Potencia y velocidades múltiples con un solo motor Para temperaturas ambientales de 40 °C y 60 °C (para los condensadores), y diferentes clases de aislamiento, Rotación reversible, etc. Emerson los produce desde 1/20 HP a 2 HP, a diferentes voltajes dependiendo de los requerimientos de aplicación, satisfaciendo prácticamente todas las necesidades con motores de muy alta eficiencia y eficiencia Premium.

Adicional a la descripción breve que se ha expuesto de la operación de los diversos motores eléctricos usados en la Refrigeración, Aire acondicionado, y Calefacción, es necesario considerar para el conocimiento algunas definiciones y conceptos muy importantes,

CORRIENTE NOMINAL A PLENA CARGA (FLA Full Load Amperes).

FLA es el término usado por la industria para indicar la corriente en Amp, máxima de operación de un motor. En el medio de compresores Herméticos los fabricantes usan el el término **RLA (Rated Load Amperes)**

La forma de determinar el valor del RLA difiere de: Los **motores convencionales** o con flecha visible, usados en manejadoras de aire, para calefacción y aire acondicionado, en evaporadores de enfriamiento, condensadores enfriados por aire, en cámaras de refrigeración remotas, etc, y para los **motores usados en compresores Herméticos** (Herméticos, Semiherméticos y Scroll); usados en Aire Acondicionado, Refrigeración Doméstica y Comercial, Bombas de Calor, etc.

A. Para los motores convencionales, la forma de determinar la FLA o Corriente a Plena Carga, es relativamente sencillo, Es la corriente que resulta cuando el motor es operado a su potencia nominal en la flecha, que el motor deberá entregar en forma constante (sin sobreelevar la temperatura 40 °C) en condiciones predeterminadas, tales como Temperatura ambiente (40 °C motores estándar ó 60°C motores expuestos a altos ambientes), y velocidad angular nominal (en rpm), a su voltaje y frecuencia eléctrica, nominales. Y los amperes que resulten será su Corriente Nominal.

B. Para los motores de compresores herméticos la situación cambia para la determinación del RLA, ya que no es posible medir la potencia en la flecha, puesto que se encuentra adentro del moto-compresor, y las condiciones nominales de prueba son diferentes para cada aplicación a la que el compresor vaya a ser usado, temperaturas de evaporación Alta Media, ó baja, tipo de refrigerante, temperatura ambiental moderada o clima caluroso o frío., frecuencia y voltaje eléctricos, etc. Con el fin de que el motor eléctrico de un compresor Hermético, las normas Emerson para compresores Copeland, indican que la **Corriente Máxima Continua Permisible (MCC)** debe superar los límites de funcionamiento extremos del compresor, y se determina con ensayos

sometiéndolo a operar en condiciones extremas de carga, y condiciones eléctricas para cada condición y aplicación específica, haciendo descender el voltaje, hasta que llegue al disparo del protector térmico Para compresores Herméticos se cumplen:

RLA = MCC/1.56 Requerimiento U.L. y N.E.C. (National Electric Code).

Copeland ha establecido para el valor Máximo de Corriente de un Compresor es 140% del RLA. Esto da un mayor margen de seguridad para la selección de los elementos de los interruptores y alambrado de las líneas de alimentación, ya que por lo general se determinan a un 125 % (mínimo de 115 %) del valor de corriente RLA que se encuentra en la placa de identificación del compresor.

Corriente a Rotor Bloqueado (**Locked RotorCurrent, LRA**) como su nombre lo indica es la corriente en Amp. que resulta al detener el rotor del motor completamente. Nos indica el valor máximo de corriente de entrada al arrancar el compresor. El contactor, fusibles, interruptor, o medio que desconecta a un compresor Hermético, debe ser seleccionado en base de los valores mostrados en la placa de identificación del moto-compresor, el de corriente nominal (RLA), el de corriente a rotor bloqueado (LRA), y el de su voltaje nominal.

Todos los compresores Copeland de Emerson, vienen con Protección Térmica de Sobrecarga, Protección de Sobrecarga Externa.- Hasta 3 HP., Con Apertura en la Línea

Protección de Sobrecarga Interna – Hasta 15 H. Con Apertura en la Línea

Protección de Sobrecarga Interna 15 HP. Con Apertura con Circuito Piloto

Protección de Sobrecarga Interna Electrónica. De 20 HP hasta 60 HP con Apertura Piloto.

VENTILADORES Y SISTEMAS DE VENTILACIÓN

Preparado por Luis R. Hinojosa, Ingeniero Civil Mecánico, MSc Building Service Engineering, MCIBSE (UK), Miembro DITAR y Colegio de Ingenieros de Chile.

II Parte y final

7. Acústica

Este es un tema muy complejo y aquí sólo se pretende entregar algunos lineamientos que tiene relación con el uso de ventiladores.

7.1 Términos acústicos

El **nivel sonoro** es un término bastante ambiguo y debe ser evitado. No entrega ninguna información sobre si es presión o potencia sonora, curva A, B o C, o a qué distancia de la fuente se encuentra. Tampoco entrega información acerca del lugar en el que se encuentra instalado el ventilador.

La **presión sonora** es lo que se siente y que puede ser medido. Esta depende de lo que existe alrededor de la fuente de sonido y de la distancia a ella. Esta se expresa en decibeles (dB) por encima de un nivel de referencia.

La **potencia sonora** es una medida que tiene relación con la intensidad de una fuente sonora. Por ejemplo la potencia sonora de una pistola es siempre la misma, pero la sensación de una persona (presión) dependerá mucho de la distancia y de si el disparo fue realizado en un recinto interior o exterior. También se expresa en dB, pero con un nivel de referencia de 1 pW.

Al analizar los niveles de ruido de un ventilador, es necesario analizar el ruido generado a distintas frecuencias (desde 44 a 22500 Hz). Por lo general se utilizan los octavos de banda, pero también se pueden utilizar 1/3 de octavos de banda. La figura 15 muestra un ejemplo de los niveles de ruido presentado octavos de banda.

Otra forma de presentar resultados es mediante el uso de curvas de ponderación, que permiten describir el nivel de ruido mediante un solo número. Las más usadas son las curvas A, B y C. Estas curvas tratan de emular como el oído escucha. La curva A (A-weighting) es la más utilizada y entrega una indicación de lo molesto que un ruido puede ser.

7.2 Niveles de ruido

Los fabricantes de ventiladores entregan la información sonora de variadas formas, que a veces puede confundir a los usuarios. Por ejemplo,

- presión sonora media a una distancia de 3 diámetros del impulsor desde la entrada o salida del ventilador, en condiciones a campo abierto (“free field”).
- presión sonora media a una distancia de 1 metro del impulsor desde la entrada o salida del ventilador, en condiciones a campo abierto (“free field”).

En el primer caso, el resultado será menor debido a que la presión sonora disminuye con la distancia. La única forma de comparar efectivamente es utilizando la potencia sonora, ya que ésta no se afecta con la distancia y es una medida de la energía que emana un equipo.

En condiciones reales, los niveles serán afectados por el tipo de instalación y serán siempre mayores a los obtenidos en condiciones “free field”, debido al rebote de las ondas sonoras en otras superficies, tales como pisos y paredes.

Por ejemplo, un ventilador de 1 metro de diámetro puede tener una potencia sonora de 100 dB, pero a su vez puede tener las siguientes presiones sonoras:

- A) 80 dB a 3 m de distancia de la salida del ventilador.
- B) 89 dB a 1 m de distancia de la salida del ventilador.
- C) 102 dB a 1 m dentro de un ducto de aire.
- D) 96 dB en el interior de una sala de alta reverberancia.

Los fabricantes pueden entregar potencia o presión sonora (a distintas distancias a la entrada o salida), un cifra ponderada (A weighted), mediciones a campo abierto o una obtenida al interior de un ducto. Todos los métodos son diferentes, pero todos se entregan en dB. Es muy importante saber cuál es el que se está utilizando, con el fin de poder comparar diferentes ventiladores.

7.3 Control de ruido

Existen variadas formas de controlar sonidos no deseados como el utilizar silenciadores y cámaras acústicas. Esto puede evitarse si al momento de seleccionar el ventilador, el nivel de ruido es un factor de importancia a ser considerado. Ruido es sonido no deseado.

El ruido se genera por diversas razones, pero es el resultado de variaciones de presión como por ejemplo en flujos turbulentos al interior de un ducto. Un ventilador genera diferencias de presión entre la entrada y salida, y como resultado genera flujos turbulentos a través de él. Una forma de reducir estos niveles de ruido es por ende reducir los niveles de turbulencia generados por el ventilador, esto dependerá mucho del tipo y del fabricante.

Otra posible causa, es el flujo turbulento generado en los sistemas de ventilación, cuando las velocidades del aire en los ductos son muy elevadas. En algunas ocasiones, objetos colocados muy cerca de la entrada o salida de los ventiladores pueden causar ruidos molestos. La vibración de algunas componentes también puede ocasionar ruidos. En algunos casos el ruido generado por los motores puede ser superior al de los ventiladores.

Algunos métodos de control pueden generar ruido. Los dampers de control, restringen el flujo, generan turbulencia que se traduce en ruido. La variación de voltaje y de frecuencia en los motores puede ocasionar vibraciones en los ventiladores y motores.

Con el fin de evitar y/o minimizar los niveles de ruido se debería:

- seleccionar ventiladores cercanos a su máxima eficiencia.
- reducir la velocidad de operación del ventilador, con el fin de minimizar el ruido generado por el impulsor.
- mantener las velocidades del aire bajas para minimizar los niveles de turbulencia en el sistema.
- asegurarse que los cambios de dirección y de tamaño en ductos son adecuados, con el fin de minimizar turbulencia.
- evitar obstrucciones a la entrada y salida del ventilador.
- asegurarse que el motor haya sido seleccionado adecuadamente.
- incluir sistemas de amortiguación.

La reducción de ruido puede lograrse de diversos modos. Existen cámaras acústicas, que muchas veces corresponden a las salas de máquinas. En otros casos se pueden utilizar silenciadores a la entrada y/o salida de los ventiladores, aislamiento acústico de ductos. El tipo de silenciadores y de aislamiento dependerá de las frecuencias que desean ser reducidas y de la reducción requerida.

Entre los tipos de silenciadores ofrecidos por los fabricantes de ventiladores se pueden mencionar:

Circulares

Estos son normalmente utilizados para ventiladores del tipo axial y pueden ser normalmente montados directamente en ellos. Estos silenciadores poseen por lo general placas perforadas y bajo estas placas, materiales absorbente. Es necesario considerar las pérdidas de carga que se generan. Existen dos tipos, con o sin parte central. Todo dependerá de los niveles de reducción requeridos. Es necesario consultar los datos del fabricante.

Tipo Split

Este tipo de silenciadores pueden lograr mayores reducciones, pero además requieren de mayor análisis para su diseño y selección. Esto debido a que pueden tener diferentes largos, anchos, canales internos, tipo de materiales, etc. En estos casos es

necesario la ayuda de los fabricantes y/o expertos en control de ruido, con el fin de seleccionar el producto más adecuado.

8. Aplicaciones Típicas

8.1 Manejadoras de Aire

Estas unidades de aire acondicionado, tienen por objetivo tratar el aire antes de ingresarlo al recinto que deben atender. Incluyen variados componentes, y entre ellos el más importante el que produce el movimiento de aire, ventiladores.

Por lo general se utilizan ventiladores centrífugos de doble aspiración, que a veces están además en paralelo. Por lo general estas unidades se diseñan para aire limpio. El fabricante de las unidades se preocupa por la selección de los ventiladores.

8.2 Extracción de polvo y humo

En varios procesos es importante controlar la cantidad de polvo y humos que existen en el ambiente. La captura de estos humos y polvos es crítica, y es aquí donde el ventilador juega un rol primordial, ya que debe ser capaz de atraerlos hacia el sistema de ventilación. Velocidades de aspiración del orden de 0,5 m/s es suficiente para capturar la mayoría de los diferentes tipos de polvos y humos. Polvos que incluyan tamaños de partículas mayores deben ser analizados en mayor detalle. El tipo de ventilador a utilizar dependerá mucho de la aplicación. Por ejemplo, en el caso de la monería las concentraciones de polvo son bastante mayores y los ventiladores son expuestos a altos niveles de erosión, por lo cual deben por lo general ser más robustos.

Una vez que el aire que contiene humos o polvos ha sido capturado, es necesario mantener velocidades al interior de los ductos que permitan el transporte adecuado de éstos. La tabla 1, entrega algunas recomendaciones.

8.3 Ambientes explosivos

El 1 de Julio de 2003 entró en vigor en la Unión Europea, una directiva que regula el uso de ventiladores en ambientes explosivos, que incluye todos los equipos que no son eléctricos. Es decir, no sólo incluye los motores, pero todos aquellos componentes que potencialmente pueden probar chispas durante su funcionamiento.

Ambientes explosivos son aquellos donde existe una mezcla de aire y sustancias explosivas, en una proporción tal que pueden explotar debido a altas temperaturas, chispas o arcos eléctricos. Estas sustancias explosivas pueden ser gases, vapores, polvo o spray.

Existen diferentes clasificaciones que dependen del peligro identificado, en términos de la frecuencia y duración de este (Ver Tabla 2).

Además existe otra clasificación que depende de la industria y del tipo de gas:

Grupo I: Gas metano en las minas de carbón

Grupo II A/B: Otros gases industriales agrupados en términos de su potencialidad de peligro.

Existe además una clasificación de los equipos de acuerdo a su construcción y diseño. Esto tiene relación con las zonas en las cuales los ventiladores pueden operar. Algunos ventiladores serán aptos para operación sólo en zonas tipo 2 por ejemplo. En general los ventiladores se diseñan para operar en zonas 1 y 2. Estas aplicaciones son muy delicadas y la asistencia de expertos es esencial, con el fin de evitar posibles accidentes.

8.4 Ventilación de Cocinas

Estos sistemas incluyen no sólo ventiladores, pero además campanas de extracción, filtros, silenciadores, dampers de control, entre otros. La selección del ventilador dependerá mucho del sistema a utilizar, pero por lo general son sistemas que tienen grandes caídas de presión. Es muy importante en estos sistemas dejar suficiente espacio para realizar una adecuada limpieza y mantenimiento al equipo.

Dependiendo del tipo de filtros a utilizar, debe tomarse en cuenta que la caída de presión irá aumentando a medida que éstos se ensucian. En general se prefieren ventiladores centrífugos, axiales o de flujo mixto, debido a que son más robustos y fáciles de limpiar. Ventiladores pequeños y de plástico pueden concentrar grasa y no soportar las presiones y por ende doblar. Las condiciones típicas van desde temperaturas de 40 a 65 °C con humedades relativas del 95%. Bajo estas condiciones un motor del tipo IP55 debería ser suficiente para asegurar un buen funcionamiento. Si el motor se encuentra en el flujo de aire y las temperaturas y humedad son mayores, será necesario utilizar motores más resistentes.

Dependiendo del sistema, pueden utilizarse variadores de velocidad, dampers de regulación o motores de dos velocidades, con el fin de controlar el flujo de aire requerido. Las uniones flexibles deben ser resistentes a la acumulación de grasa y resistentes al fuego en caso de incendios.

8.5 Ambientes agresivos

Existen diversos ambientes que pueden ser considerados agresivos, minería, marinos, químicos, entre otros. Los ambientes marinos por ejemplo de plataformas petroleras son muy agresivos. En estos en particular y dependiendo del proceso, es requerido utilizar ventiladores que posean muy buenas características de funcionamiento

además de presentar una gran resistencia a las condiciones ambientales y de potenciales ambientes explosivos. En muchos casos se prefieren ventiladores contruidos enteramente de acero inoxidable con algunas componentes de bronce, que ayudan a minimizar la generación de chispas.

9. Ahorro de Energía

Esta sección entrega algunas ideas de cómo identificar potenciales ahorros de energía para ventiladores y sistemas de ventilación. Ahorros de energía pueden ser obtenidos a nivel de la aplicación, del diseño, del rendimiento, del ventilador, del motor, del sistema de ventilación, entre otros. La siguiente lista no es exhaustiva y sólo menciona algunos puntos a considerar.

¿Está el ventilador realizando un trabajo útil?

Si el funcionamiento del ventilador no es necesario, debe ser detenido, con el fin de no gastar energía en forma innecesaria. Los ahorros de energía pueden ser considerables, de hasta un 50%.

¿Ha sido instalado el ventilador en un lugar que ayuda a minimizar la resistencia del sistema?

Un diseño inadecuado se traduce en curvas, ductos y accesorios adicionales que se traducen en sistemas con mayores resistencias al flujo. Una buena planificación al momento de ubicar el ventilador dentro del sistema, puede traer importantes ahorros energéticos.

¿Es necesario cambiar un ventilador para obtener mejores eficiencias en el sistema y el ventilador?

Ahorros significativos pueden lograrse si se selecciona el ventilador adecuado, con puntos de operación cercanos a los de máxima eficiencia. Es por eso que es muy importante seleccionar en forma adecuada. El cambio puede ser justificado en aquellos casos que el sistema funciona en forma muy ineficiente.

¿Está sobredimensionado el motor?

En una práctica común el usar muchos factores de seguridad para seleccionar motores. En algunos casos los motores pueden ser excesivamente grandes. Por suerte hoy en día, poseen buenos rendimientos cuando se utilizan entre el 50 y el 100% de su potencia. Pero aun es importante no sobredimensionar en forma excesiva.

¿Existen alabes guías en las curvas cercanas a la entrada del ventilador?

Es recomendable instalar estas guía ya que pueden producir ahorros de energía que pueden llegar hasta un 15%. Esto debido a que mejoran las condiciones de entrada del fluido al ventilador.

¿Existen piezas de transición cuando cambia el tamaño del ducto?

Es recomendable instalar piezas de transición, los ahorros de energía pueden ser considerables hasta un 10%.

¿Se han realizado chequeos en la instalación, que incluya flujos de aire, presiones y potencia absorbida?

Al realizar este tipo de chequeo, variadas acciones pueden ser identificadas, tales como cambiar la velocidad de operación, cambio del motor, cambio del ventilador, etc.

10. Bibliografía

- Woods Practical Guide to Fan Engineering Woods of Colchester, 6th impression, Great Britain, 1992
- Fan Application Guide, CIBSE TM 42:2006 CIBSE/FMA, Great Britain, 2006
- Energy Savings in Fans and Fan Systems, GPG 383 Action Energy, Carbon Trust, Great Britain, 2004
- Handbook of Modern Fan Technology FlaktWoods, Finland, 2003
- Keith Blackman Centrifugal Fan Guide Keith Blackman Limited, 2nd edition, Great Britain, 1992
- Air Conditioning Fans Air Conditioning Clinic, The Trane Company, La Crosse, WI, USA, 1995
- ASHRAE – Applications Handbook 1999

Algunos sitios web de interés:

<http://www.kineticsnoise.com/vibronproducts/circular.html>

<http://www.greenheck.com/>

<http://www.flaktwoods.com/>