R-417A EN REFRIGERANCIÓN Y AIRE ACONDICIONADO

Este artículo se centra en el uso del R-417A en equipos existentes, diseñados para el uso de R-22 y que emplean aceite mineral tradicional o alquilbenceno.

Además, se exponen mediciones y resultados de desempeño en equipos comerciales disponibles para aplicaciones de refrigeración y con la salida del mercado de los refrigerantes HCFC en constante aceleración en algunas regiones del mundo, sobre todo en Europa, se han realizado muchos estudios sobre dos alternativas para reemplazar al R-22: el R-407C y el R-410A. Sin embargo, hay una tercera alternativa emergente como candidato para reemplazar al R-22, denominada R-417A, compuesta por una mezcla de R-125, R-134a y R-600. El R-417A fue principalmente diseñado para reemplazar al refrigerante R-22 en aplicaciones de aire acondicionado, pero también ha sido exitosamente utilizado en refrigeración; por ejemplo, en refrigeración comercial (vitrinas, exhibidores). Es el único reemplazo que puede utilizarse con aceite mineral y alquilbenceno, o sintético.

Para estar en concordancia con lo que ha estipulado por el Protocolo de Montreal respecto de la producción de los refrigerantes clorofluorcarbonados (CFC) en los países desarrollados en 1995, el centro de atención se ha dirigido hacia la próxima categoría de químicos que deterioran la capa de ozono y que la legislación pretende eliminar, los hidrofluorocarbonados (HCFC), que en refrigeración industrial se refiere principalmente al diclorofluorometano (R-22).

En la actualidad, dentro del Protocolo se especifica que la producción de refrigerantes de tipo HCFC será descontinuada en los países desarrollados a partir de 2020, pero existe una intensa presión por adelantar esa fecha.

La búsqueda de refrigerantes alternativos comienza por la selección de componentes simples o azeótropos, con propiedades ideales para reemplazar a los CFC y HCFC; pero la realidad demuestra que, con excepción del R-134a, reemplazo del R-12, esto no es un asunto sencillo.

El esfuerzo se ha enfocado en la mezcla de componentes que posean algunas de las propiedades deseadas para producir una mezcla, sin las deficiencias de los componentes individuales. La primera mezcla producida se creó con la intención de reemplazar al R-12. Las mezclas obtenidas inicialmente utilizaban refrigerantes HCFC, que aún permitían el uso del tradicional aceite lubricante mineral y lubricantes del tipo alquilbenceno. Tiempo después, se desarrollaron mezclas que no afectaban a la capa de ozono para reemplazar al R-12, R-502 y R-22, empleando hidrofluorocarbonados (HFC), pero en general requerían el uso de lubricantes sintéticos, como el aceite polioléster.

En la actualidad, existen diferentesmezclas que han sido desarrolladas como alternativas potenciales, como el R-407C (mezcla de R-32, R-125 y R-134a), el R-410A (mezcla de R-32 y R-125) y el R-417A (mezcla de R-125, R-134a y R-600). Todas estas mezclas tienen o cumplen con los criterios necesarios para ser clasificados con el riesgo más bajo en términos de toxicidad e inflamabilidad, de acuerdo con su fórmula de composición y en el peor de los escenarios.

El refrigerante R-407C tiene propiedades físicas similares al R-22 y, por tanto, puede usarse en equipos de diseño similar, pero debe usarse en conjunto con los nuevos aceites lubricantes sintéticos, como el POE (polioléster). También registra un importante deslizamiento (glide) en la práctica, lo que promueve dificultades operativas en chillers, por ejemplo.

El R-410A también requiere el uso de lubricantes sintéticos y tiene propiedades físicas que son muy diferentes a las del R-22 (por ejemplo, la presión del vapor saturado para el R-410A a 40 ºC es casi 60 % mayor que para el R-22; por tanto, el equipo debe de ser diseñado para uso exclusivo de esta mezcla). Se ha identificado un número de desventajas cuando se usa R-410A; por ejemplo, un alto e inesperado coeficiente de transferencia de calor y el hecho de que se necesitan un compresor y tuberías más pequeños. Sin embargo, la temperatura crítica de esta mezcla es relativamente baja (72 ºC), lo que plantea interrogantes en cuanto al desempeño bajo condiciones ambientales extremas o en aplicaciones de bomba de calor, donde las temperaturas de condensación  pueden llegar a alcanzar 60 ºC.

El R-417A tiene propiedades similares al R-407C, R-410A y R-22; sin embargo, ha sido diseñado para usarse con aceites minerales tradicionales o lubricantes del tipo alquilbenceno. Esta propiedad hace que el R-417A sea ideal para equipos existentes, pero también aconsejable para equipos nuevos, sin la necesidad de cambiar por aceites del tipo POE, cuyo costo es excesivo y, además, es muy higroscópico (capacidad de absorber humedad).

El R-407C y el R-410A son reemplazos potenciales, pero ambos precisan cambios y elevan los problemas potenciales en la práctica.

**Pruebas de desempeño**  
La prueba se realizó con una mezcla compuesta de 46.6 % de R-125, 50 % de R-134a y 3.4 % de R-600 (R-417A). Dicha prueba tuvo lugar en un instituto en Dresden, Alemania (ILK), en un sistema equipado con un compresor semiherméticoBitzer (tipo 4T-12.2), con aceite mineral, condensador de tubos y evaporador de tubos con calentadores para equilibrar contra la capacidad frigorífica del refrigerante. Tanto el R-22 como el R-417A se probaron bajo las siguientes condiciones:

* Temperatura de condensación: 40 ºC
* Temperatura de evaporación: -20 ºC, -10 ºC y 0 ºC

La capacidad frigorífica y potencia del compresor se muestran en la tabla 1. Puede verse claramente que la capacidad frigorífica del R-417A es comparable con la del R-22, con una significativa disminución en la potencia necesaria del compresor. Esto origina un incremento en el coeficiente de desempeño (COP, por sus siglas en inglés) de entre 12.5 % a 20 ºC y de 4.5 % a 0 ºC. Este aumento en el COP tiene el beneficio de reducir dramáticamente el consumo de energía del equipo y, por lo tanto, el impacto ambiental.

**Refrigeración comercial**  
Se realizó una prueba en un equipo comercial de supermercado marca Electrolux, en Holanda. Este tipo de equipo es de carga frontal, con una unidad condensadora remota, equipada con un compresor DWM Copelandsemihermético (D8-LE-20X), con lubricante estándar usado con R-22.

La unidad inicialmente funcionaba con una carga de 6 kilogramos de R-22; luego, fue evacuada y cargada con 5.6 kilogramos de R-417A, y se ajustó la válvula de expansión termostática con un giro hacia la derecha con respecto a la configuración original. No se realizaron otros cambios.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Tabla 1** | R-22 | R-417A |
| Paquete de mayor temperatura | 13.3 °C | 13.8 °C |
| Paquete de menor temperatura | -1.2 °C | -1.4 °C |
| Valores promedio | | |
| Promedio de todos los paquetes | 4.6 °C | 4.9 °C |
| Promedio de temperatura del aire que deja el evaporador | 0.5 °C | 0.5 °C |
| Promedio de temperatura del aire que entra en el evaporador | 7.3 °C | 7.4 °C |
| Temperatura de aire en el condensador | 19.7 °C | 19.5 °C |
| 75 % del tiempo de operación | | |
| Temperatura de evaporación a la salida del gabinete | -2.45 °C | -0.5 °C |
| Supercalentamiento | 9.2 K | 8.2 K |
| Temperatura de condensación a la entrada del gabinete | 33.0 °C | 29.7 °C |
| Subenfriamiento | 3.5 K | 2.3 K |
| Radio de extracción de calor | 4880 W | 4700 W |

Los resultados en la Tabla 1 muestran que la distribución de la temperatura es casi idéntica con los dos refrigerantes. Además, las temperaturas del aire de salida y entrada del evaporador son virtualmente idénticas. Luego de un periodo de 24 horas, el consumo energético del compresor fue el mismo (41 kW/h), a pesar de que el compresor estuvo funcionando 4 horas más por día con el R-417A.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Compresor: **[Bitzer](http://bitzermx.com/compresores-de-scroll/)** S4G 12.2 | | **Tabla 2** |
| Aceite: B 5.2 (aceite estándar) | | |
| Medida | R-22 | R-417A |
| Temperatura de evaporación | -38.8 °C | -35.5 °C |
| Presión de succión | 0.1 bar g | 0.2 bar g |
| Temperatura de condensación | 38.7 °C | 39.4 °C \* |
| Presión de descarga | 14.4 bar g | 12.8 bar g |
| Temperatura de descarga | 114.2 °C | 75.1 °C |
| Temperatura en la línea de líquido | 33.0 °C | 32.5 °C |
| Subenfriamiento | 5.7 K | 4.5 K |

Las condiciones de operación típicas se muestran en la Tabla 1, donde también puede verse que el radio de extracción de calor de la unidad funcionando con R-417A es de aproximadamente 4 % menor que con el R-22. Estos resultados, que prueban la eficiencia del R-417A, fueron complementados con más pruebas en un sistema de baja temperatura, que generaba una capacidad frigorífica de 20 kW. El compresor alimentaba a cuatro recintos de comida congelada, que trabajaban en un rango de temperaturas de -18 a 22 ºC. Luego de la reconversión a R-417A, el desempeño de las unidades no fue notoriamente diferente, a excepción de una marcada reducción en la temperatura de descarga del compresor. Los resultados pueden observarse en la Tabla 2.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Parámetro | Unidad | R-22 | R-417 A | R-407 C |
| Entrada de aire del condensador | °C | 36.2 | 35.8 | 35.8 |
| Salida de aire del condensador | °C | 48.2 | 46.8 | 47.6 |
| Entrada de aire del evaporador | °C | 23.9 | 24.3 | 24.3 |
| Salida de aire del evaporador | °C | 14.2 | 14.8 | 14.6 |
| Temperatura de descarga | °C | 98.5 | 72.7 | 88.6 |
| Presión de condensación | bar/°C | 19.5 / 52.5 | 18.5 7 55.5 | 21.3 / 55.5 |
| Presión de succión | bar/°C | 4.7 / 4.5 | 4.4 / 7.6 | 4.6 / 6 |
| Salida de humedad | % | 38 | 39 | 41 |
| Entrada de humedad | % | 63 | 67 | 65 |
| Requerimientos de energía | kW | 5.1 | 4.6 | 5.4 |
| Capacidad | kW | 14.7 | 13.8 | 14.6 |

**Aa y bomba de calor**  
El R-417A ha demostrado ser particularmente útil cuando se convierten sistemas con compresores herméticos. Esto ha provocado muchas reconversiones de equipos splits, pero hasta la fecha no se han realizado estudios formales como los mencionados.

Un fabricante de origen alemán, especialista en sistemas para el control del clima, llevó a cabo un estudio y comparó el R-417A con el R-407C. La unidad utilizaba tres compresores scrollCopeland y su diseño fue muy compacto. Como resultado de este diseño, la unidad operó en condiciones de alta temperatura de condensación (55 ºC).

Los resultados que se muestran en la Tabla 3 indican que las condiciones de operación son virtualmente idénticas para todos los refrigerantes, excepto dos parámetros clave. La presión de condensación del R-407C es significativamente mayor que la del R-22, y el requerimiento de energía para el R-417A es significativamente menor que para el R-22 (-10.9 %), comparado con el R-407C (-17.4 %); incluso, la capacidad para el R-417A es ligeramente más baja que para el R-22 (-6.5 %), el coeficiente de desempeño es más alto para el R-417A (3.00) que para el R-22 (2.88) o para el R-407C (2.70). En la Tabla 4, se detallan los resultados de las pruebas realizadas.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Condiciones | R-407 C | | R-417 A | | % de cambio del R-407 C | |
| Exterior / Interior | Capacidad / kW | COP | Capacidad / kW | COP | Capacidad | COP |
| 7 °C / 3.5 °C | 9.54 | 2.55 | 9.43 | 3.46 | -1.2 % | 35.7 % |
| 2 °C / 35 °C | 7.79 | 2.09 | 6.83 | 2.61 | -12.3 % | 24.7 % |

La unidad probada con R-407C tuvo que ser optimizada para el uso con este refrigerante; sin embargo, la unidad probada con R-417A fue equipada originalmente con R-22. Las únicas modificaciones realizadas fueron la reposición del control de desescarchado. Se puede ver claramente que, aunque se use un refrigerante del tipo “aplicación directa” (drop-in), la capacidad del R-417A es menor que la del R-407C en un sistema optimizado, y el COP del R-417A es mucho mayor. Esa reducción en la capacidad significa que el sistema funcionará por mayor tiempo para obtener la temperatura deseada, pero la diferencia en el COP es tan grande que el consumo de energía será menor para el R-417A.

Los ejemplos demuestran que el R-417A es aconsejable para reemplazar el R-22, tanto para refrigeración como para aire acondicionado. En todas las pruebas realizadas, el R-417A fue agregado directamente sin realizar cambios al sistema ni siquiera cambio de aceite. Cuando se usa como reemplazo directo, las pruebas de desempeño demuestran que la capacidad del R-417A es típicamente 5 o 10 % menor que la del R-22, pero el COP es significativamente mayor que el del R-22, y particularmente que el del R-407C.

Sobre un estudio realizado por el Departamento de Ingeniería Técnica de la Universidad de Salerno (Italia, octubre de 2003): “No hay una solución definitiva para el reemplazo del R-22; sin embargo, el R-417A provee una solución fácil a los requerimientos de la legislación vigente, dado que no representa riesgo alguno para la capa de ozono, además de que no necesita cambio de aceite de la instalación o modificaciones en el sistema. El análisis del experimento ha permitido demostrar que los mejores desempeños en términos de COP y eficiencia energética se obtienen con R-417A en comparación con el R-22. Particularmente, la diferencia de porcentaje entre el coeficiente de desempeño de los fluidos probados es, en promedio, cerca de 15 %. Más aún, la cantidad de exergía consumida en los componentes de la planta cuando se usa R-417A como fluido frigorífico, en promedio, es 14 % mayor que la exergía consumida por el R-22 (exergía: magnitud termodinámica indicadora del máximo trabajo teórico que se puede alcanzar por la interacción espontánea entre un sistema y su entorno; informa de la utilidad potencial del sistema como fuente de trabajo)”.

**Algunos estudios realizados por fabricantes de compresores y equipos para minisplits**  
**Toshiba:** Se realizaron algunas investigaciones con R-417A y se encontró una caída de entre 6 y 10 % en el desempeño, y entre 15 y 25 % de aumento en el consumo energético. Este fabricante recomienda reemplazar el aceite mineral por POE. Actualmente, no posee más instalaciones para continuar pruebas o investigaciones. El uso del R-417A como reemplazo deberá ser decidido por el mecánico.

**Sanyo:** Recomienda cambiar por R-417A todos los sistemas Sanyo, incluyendo equipos VRF. En varios equipos Sanyo cargados con R-417A, con una antigüedad de más de 10 años, no se han conocido efectos significativos en su desempeño.

**Mitsubishi Electric:** Su posición oficial establece no usar el R-417A. Éste reduce la eficiencia y acorta la vida del compresor, ya que sus unidades no han sido diseñadas para los refrigerantes de reemplazo directo (drop-in).

**Fujitsu:** Nunca realizó pruebas con refrigerantes drop-in, por lo tanto no está capacitado para emitir comentario alguno acerca de le eficiencia de un equipo con R-417A.

**Hitachi:** Todos nuestros sistemas son probados con sus refrigerantes originales, de manera que, tanto el COP, como la durabilidad y otros parámetros, son probados y basados en los resultados de las pruebas realizadas con el refrigerante original. No hemos probado nuestros sistemas con otros refrigerantes, por lo tanto no podemos sugerir o recomendar el uso del R-417A en nuestros equipos.

**Daikin:** No se han realizado aún pruebas con los refrigerantes drop-in. Si el cliente desea probar el uso de un equipo Daikin con los nuevos refrigerantes, Daikin no se hace responsable por el desempeño del equipo. La prueba o reconversión correrá enteramente a riesgo de quien la realice.

FUENTE: MUNDO HVAC&R.