

Metodología para la sustitución del refrigerante R-22 por el propano (R-290) en un aire acondicionado de ventana.

Methodology for the substitution of R-22 refrigerant for (R-290) propane in window conditioner air.

Fernando José Rosillo Corrales.

RESUMEN

Este artículo científico es resultado de una tesis de Maestría y expresa la sustitución del refrigerante R-22 por el propano (R-290), en un aire acondicionado de ventana en condiciones climáticas tropicales con el fin de proteger la capa de ozono y evitar el efecto invernadero o calentamiento global. Se plasman las propiedades de ambos refrigerantes, los pasos a seguir para efectuar la reconversión y los resultados obtenidos en dicha investigación. Este aporte contribuye al ahorro de energía eléctrica y tiene un impacto medio-ambiental favorable para el ser humano.

Palabras claves: CONSUMO ENERGETICO; CAPA DE OZONO; EFECTO INVERNADERO; CALENTAMIENTO GLOBAL.

Abstract:

This scientific article results from a Master's thesis and offers some theoretical considerations and results obtained from the substitution of R'22 refrigerant by R'290 propane in an air conditioner set at tropical climatic conditions so as to protect the ozone layer preventing global warming. It also states the properties of both refrigerants, the steps to follow for the substitution and the results of the investigation. The practical application of the proposal not only saves electric power but also helps to keep a proper environment for human life.

Key words: ENERGY COST; OZONE LAYER; GLOBAL WARMING.

INTRODUCCION

Cuba es una isla larga y estrecha que además está rodeada de agua, por lo que presenta características climáticas específicas. Su humedad relativa y temperatura son elevadas durante casi todo el año. Esto implica la necesidad de utilizar equipos de climatización en muchos sectores de la sociedad. Los mismos son imprescindibles en instituciones de salud, conservación de alimentos, centros de biotecnología y computación. También se ven beneficiados la industria textil, papel, centros comerciales y el sector residencial, por solo citar algunos ejemplos de las bondades de la climatización.

Un gran número de estos equipos utiliza como refrigerante el Freón 22. Este es un hidrocarburo halogenado que contiene entre sus componentes cloro y flúor los cuales contribuyen a la destrucción de la capa de ozono y al efecto invernadero

respectivamente. Es una de las sustancias regulada por el protocolo de Montreal debido a su potencial de destrucción de ozono estratosférico, por lo cual se establece su eliminación total para el 2015 en países desarrollados y 2030 para los demás. Es, además regulado por el Protocolo de Kyoto ya que contribuye al efecto invernadero.

La mayoría de los especialistas a nivel mundial plantean la aplicación de la climatización con refrigerantes ecológicos que no afecten la capa de ozono y no provoquen efecto invernadero y, además, proporcionen una mayor eficiencia energética, es decir ahorren energía. Entre las sustancias que pueden utilizarse como refrigerantes ecológicos se encuentran el agua, aire, dióxido de carbono, amoníaco e hidrocarburos entre los que se encuentran el isobutano (R600^a), butano (R600), propano (R-290) y sus mezclas.

Los equipos de climatización que usan como refrigerante el Freón 22 pueden ser reconvertidos con el R-290 ya que este es un refrigerante con bajo potencial de calentamiento global y tiene un potencial de destrucción de ozono nulo, además de tener características de trabajo muy similares al R-22.

La reconversión de refrigerantes

En Asia países como China, Indonesia, Singapur, Malasia, Tailandia, Filipinas, Japón, Taiwán, India y Sri Lanka llevan la vanguardia. En el continente africano Sur África es el país con mayores resultados en la reconversión de R-22 a R-290. En la zona geográfica el país que más ha avanzado en este tema es Jamaica, donde se han reportado noticias de algunas reconversiones en sistemas de acondicionamiento de aire. En Europa Alemania y Gran Bretaña, entre otros países, han desarrollado la tecnología de hidrocarburos en equipos de climatización. Todos estos países reportan ahorros energéticos entre un 10 y un 30 %.

En Cuba uno de los programas priorizados se dirige a lograr la reducción del consumo energético, con el fin de ganar esta batalla se han propuestos importantes innovaciones, adelantos y soluciones prácticas, encaminadas a reducir este consumo, especialmente de los aires acondicionados que constituyen grandes consumidores de energía, por lo que este gasto es posible reducirlo si se tiene en cuenta otras alternativas. Para la reconversión del R-22 a R-290 solo es necesario cambiar el refrigerante, y el lubricante en caso que el fabricante del compresor lo especifique.

Por consiguiente, el autor ofrece elementos sobre cómo evaluar el comportamiento energético del aire acondicionado de ventana sustituyendo el R-22 por el R-290, con un peso de refrigerante que constituya el 50% del peso inicial de este. Además se proponen mediciones con el fin de determinar si es posible ahorrar energía manteniendo las condiciones de confort logradas con el R-22. Para lograrlo primero es importante determinar la temperatura mínima alcanzada en el local que se logra con R-22 y luego con R-290 y posteriormente medir el consumo energético horario por el aire acondicionado de ventana con R-22 y seguido con el R-290.

Con el fin de dar a conocer que existen alternativas en el mundo de la refrigeración y climatización para proteger la capa de ozono, evitar el efecto invernadero y ahorrar considerablemente sin afectar significativamente las condiciones de confort, el trabajo serviría de utilidad a los seguidores del tema que se interesen por los problemas medioambientales y energéticos en la rama de la refrigeración, pues constituye el punto de partida de las aplicaciones de los hidrocarburos en esta especialidad. Crincoli Rondón C. A. (2006) indica que, en una investigación hecha en la Universidad de

Gales del Sur, por Leonardo, E. (1995) se enfatiza: “Los sistemas con refrigerantes hidrocarburos consumen menos energía que los sistemas con gases contaminantes”.

Por consiguiente, el autor afirma que los refrigerantes son fluidos de transporte que conducen la energía calorífica desde el nivel a baja temperatura [evaporador] al nivel a alta temperatura [condensador], donde pueden ceder su calor. El refrigerante debe cumplir con ciertas propiedades que asegurarán un buen funcionamiento del sistema de acondicionamiento de aire.

Entre estas propiedades se encuentran las propiedades físicas (masa molecular, densidad, viscosidad, conductividad, calor específico, calor latente de vaporización, tensión superficial), químicas (inflamabilidad, toxicidad y seguridad, compatibilidad con los lubricantes, compatibilidad con la carga, con los materiales, estabilidad), termodinámicas (relación presión-temperatura para el estado de saturación, volumen específico, entalpía y entropía para el estado de saturación y para el vapor recalentado, punto de congelación, punto de ebullición, propiedades críticas (presión, temperatura, densidad), relación potencia caudal, coeficiente de eficacia) y las propiedades medioambientales que ponen de manifiesto la interacción del refrigerante con el medio ambiente. Estas propiedades se expresan de la manera siguiente:

- Rango de presiones de condensación relativamente bajas para posibilitar consumos de energía que no sean excesivos.
- Rango de presiones de evaporación por encima de la presión atmosférica para evitar posibles infiltraciones de aire y vapor de agua.
- Alto calor latente de evaporación con el fin de que el flujo másico necesario para manejar la carga de calor sea el menor posible.
- Alta conductividad térmica y propiedades termo físicas que faciliten mejor transferencia de calor.
- Baja viscosidad, para garantizar valores bajos de las pérdidas de presión por fricción.
- No reaccionan con los materiales de la instalación, para evitar corrosión o destrucción de las tuberías, componentes y compresores.
- No son tóxicos, para que en caso de escapes no afecte a las personas, o seres vivos en la zona afectada.
- No son inflamables, para evitar incendios y/o explosión en caso de fugas que se producen con la presencia de oxígeno y fuentes de ignición.
- Presentan buena miscibilidad con el aceite, para garantizar los requerimientos tribológicos de los pares cinemáticos y asegurar el retorno del aceite lubricante al compresor.
- Presentan estabilidad química para evitar la formación de sustancias dañinas al sistema al reaccionar con otros materiales.
- Posibilitan la detección rápida de fugas, para actuar de manera eficaz.
- Bajo costo y existe disponibilidad.
- El potencial de destrucción del ozono (ODP) es nulo.
- El potencial de calentamiento global (GWP) es bajo o nulo.

El R-22 contiene propiedades físicas, químicas y termodinámicas que son propias de ese refrigerante, indistintamente estas propiedades difieren significativamente de la R-290, en el peso molecular, capacidad volumétrica, entalpía de vaporización, densidad del líquido, del vapor, en condiciones de evaporación y de condensación. Las mismas muestran o dan una idea de cómo puede funcionar un aire acondicionado con ambos refrigerantes, según se expresa en la tabla de propiedades termofísicas que se expresa a continuación:

Tabla 1: Propiedades termofísicas del R-22 y R-290.

Nombre comercial	R-22	R-290
Fórmula química	CHF ₂ CL	C ₃ H ₆
Temperatura crítica en °C	96.1	96.7
Peso molecular en kg/kmol	86.5	44.1
Capacidad volumétrica kJ/m ³	1244	1164
Punto de ebullición normal en °C	-40.8	-42.1
Entalpía de vaporización. a 2 °C kJ/kg	203.34	370.61
Condiciones de evaporación (Cond. Evap.)	t ₀ = 2 °c p=5.3 bar	t ₀ = 2 °c p=5 bar
Presión absoluta en bar a 2 °C	5.3	5
Densidad del líquido en (Cond. Evap.) kw/m ³	1278.77	521.1
Densidad del vapor en (Cond. Evap.) kg/m ³	22.72	10.98
Conductividad térmica del líquido en (Cond. Evap.) W/m K	0.099	0.1
Conductividad térmica del vapor en (Cond. Evap.) W/m K	0.0095	0.01
Viscosidad del líquido en (Cond. Evap.) kg/ m s	2.3*10 ⁻⁴	10 ⁻⁴
Viscosidad del vapor en (Cond. Evap.) kg/ m s	12*10 ⁻⁶	7.39*10 ⁻⁶
Capacidad calorífica del líquido a presión cte. en (Cond. Evap.) kJ/kgK	1.17	2.46
Capacidad calorífica del vapor a presión cte. en (Cond. Evap.) kJ/kgK	0.73	1.8
Condiciones de condensación (Cond. Condens.)	t ₀ = 44°c p _k =16.8 bar	t ₀ = 44°c p _k =14.9 bar
Presión absoluta en bar a 44 °C	16.8	14.9

Densidad del líquido en (Cond. Condens.) kg/ m ³	1113.58	463.17
Densidad del vapor en (Cond. Condens.) kg/m ³	72.9	33.22
Conductividad térmica del líquido en (Cond. Condens.) W/m K	0.07	0.08
Conductividad térmica del vapor en (Cond. Condens.) W/m K	0.012	0.02
Viscosidad del líquido en (Cond. Condens.) kg/ m s	18*10 ⁻⁵	9.73*10 ⁻⁵
Viscosidad del vapor en (Cond. Condens.) kg/ m s	14.6*10 ⁻⁶	9.36*10 ⁻⁶
Capac. Calorífica del líquido a presión cte., en (Cond. Condens.) kJ/kgK	1.35	2.88
Capac. Calorífica del vapor a presión cte., en (Cond. Condens.) kJ/kgK	0.99	2.38
Toxicidad	baja	media
Inflamabilidad	nula	Alta
Potencial de destrucción del ozono ODP	0.55	0
Potencial de calentamiento global GWP	1810	20

Los refrigerantes hidrocarburos ofrecen ventajas y desventajas que pueden ayudar a decidir y a justificar a los técnicos de refrigeración, el por qué efectuar la reconversión de R-22 a R-290. Crincoli (2006) indica que, en una investigación realizada por Ho-Saeng Lee (2005), se reconoce las ventajas que ofrecen los hidrocarburos (propano...), con respecto al R-22 en términos de refrigeración (Coeficiente de transferencia de calor, consumo de energía, carga de refrigerante, entre otras). Entre estas ventajas se reconocen:

- Son naturales.
- No agotan la capa de ozono.
- No producen calentamiento global.
- Son más económicos.
- Se aplica menor cantidad (en peso) en los sistemas.
- Son compatibles con todos los lubricantes comerciales.
- No requieren retrofit en los sistemas.
- Solo se requiere realizar drop-in para su aplicación.
- No son explosivos.
- Disminuyen las presiones en los sistemas.
- Mejoran las temperaturas de trabajo en los sistemas.
- Disminuye el consumo energético en los sistemas.
- Disminuye el costo de mantenimiento de los sistemas.
- Aumenta la vida útil de los sistemas.
- Contienen aditivo antifricción.
- Tienen alta estabilidad térmica y química.

Las desventajas que presentan los hidrocarburos se expresan de la manera siguiente:

- Son inflamables.
- Requieren personal capacitado.
- En sistemas de alta capacidad se requieren sistemas de control y protección especializados.

En la compilación digital de la *Revista Proklima guidelines* se ofrecen elementos teóricos esenciales sobre la metodología a seguir para realizar un proceso de reconversión de R-22 a R-290, en un aire acondicionado de ventana, establecida por los doctores Dr. Daniel Colbourne y otros, que el autor asume para su propuesta; y expresa a continuación.

- Obtener el tamaño de la carga de refrigerante R-22 (440g) según la ficha técnica del equipo.
- Estimación de la carga equivalente de refrigerante R-290. $R-290 = 50\%$ de R-22 (220g).
- Identificar que el condensador del aire acondicionado esté ubicado en un lugar bien ventilado.
- Convertir las uniones roscadas, si las hubiera, a uniones soldadas.



- Eliminar toda fuente de Ignición.



- Control de fugas final.



CONCLUSIONES

Con la aplicación del experimento o mediciones realizadas por el autor en el proceso de reconversión del R-22 por el R-290, que se sustenta en la metodología propuesta anteriormente, se logró disminuir el consumo energético del aire acondicionado, entre un 7% y un 10% con relación al R-22. Además la temperatura mínima alcanzada en el local con R-22 fue de 17 C y con R-290 osciló entre 18 y 19 C, lo cual muestra que se puede ahorrar energía sin alterar significativamente las condiciones de confort para el ser humano. Estos resultados se expresan de la manera siguiente:

Tabla 2: Resultados del proceso de reconversión.

Parámetros a Evaluar.	R-22	R-290
Consumo eléctrico horario (KW/h).	1	0.9 – 0.93
Temperatura mínima del local. (C).	17	18 - 19

La novedad científica de este artículo se refleja en la aplicación práctica de la experiencia dirigida a la sustitución del refrigerante R-22 por el propano R-290. Este refrigerante sostenible y ecológico, permitió un ahorro energético considerable para las condiciones climatológicas del país. La propuesta de conversión se puede realizar sin alterar ningún componente del sistema de refrigeración, además de ser una vía rápida y segura de extinguir el cloro y el flúor que son sustancias que agotan la capa de ozono y provocan efecto invernadero respectivamente. Además en el país existen muy pocas experiencias en la aplicación de refrigerantes hidrocarburos en los sistemas de acondicionamiento de aire. En la provincia de Granma esta es la primera experiencia, con buenos resultados en el proceso de reconversión.

BIBLIOGRAFÍA.

Refrigerante Report 16. Suplemento (Septiembre 2010) VS. Edición 15.
Bitzer@de//www. Bitzer. de Eschenbrunnlestrabe 15 // 71065
Sindelfingen//Germany.

Software Refutil. (1996). Herramientas de refrigeración. Propiedades del refrigerante R-22. Departamento de Ingeniería DTU. Proyecto Internacional. Canadá.

Zaldívar, R.A. Quintero, R., y otros (2007). Reconversión de sistemas de refrigeración con CFC. Oficina Técnica de ozono. Proyecto Plan Nacional de Eliminación de CFC en Cuba. La Habana: Editorial Academia.

Colbourne, D. (2010). Guía para el uso seguro de los refrigerantes hidrocarburos. *Proklima Guidelines*.

Maclaine-cross, E. Leonardo 1995. "Why hydrocarbons save energy". The University of New South Wales. pp 4

Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España
http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_379.htm.

Ho-Saeng Lee, Jung.In Yoon, Jae-Dol Kim, P.k. Bansal. (2005). "Characterísties of condensing and evaporating heat trns ising hydrocarbon refrigerants". *Appied Thermal Engineering* 26 (2006) 1054-1062.

United Nations Environment Programme. (2000) The Montreal Protocol on
Substances that Deplete the Ozone Layer.