

Agradecimientos

Esta tesis fue elaborada con el mayor esfuerzo posible. Nuestros más sinceros agradecimientos primero a Dios, después a nuestras familias que con su apoyo y esfuerzo nos dieron la fuerza necesaria para concluir nuestros estudios y haber elaborado este proyecto. De antemano muchas gracias a nuestro asesor que con sus aportes hizo posible la solución de tantos inconvenientes, a los laboratorios de la institución universitaria pascual bravo, con su aporte y colaboración hicieron posible la conclusión de nuestro proyecto de grado.

Prologo

Este proyecto está enfocado en la conservación del ambiente empleando un mecanismo que nos permite recuperar cierto tipos de gases empleados en la refrigeración, con este sistema buscamos mediar el impacto que dichos gases tienen en el ambiente. Buscamos emplear de una forma mas económica dicho sistema para emplearlo en el laboratorio de refrigeración del tecnológico pascual bravo.

TABLA DE CONTENIDOS

INTODUCCION

1-DESCRIPCIÓN TECNICA DEL PROYECTO.....	5
2-JUSTIFICACION.....	6
3-OBJETIVOS.....	7
4-REFERENTES TEORICOS.....	8
4.1-MARCO TEORICO.....	10
4.2- REFRIGERACION: DEFINICIONES.....	10
4.3-CICLO MECANICO DE LA REFRIGERACION.....	15
4.4-DEFINICION DE UN REFRIGERANTE.....	18
4.4.1-Historia de los refrigerantes.....	19
4.4.2-Identificacion de un refrigerante.....	26
4.4.3-Requerimientos de los refrigerantes.....	28
4.4.4-Propiedades termodinámicas de los refrigerantes.....	30
4.4.5-Refrigerantes históricamente más comunes.....	33
4.4.6-Tipos de gases refrigerantes y nomenclatura.....	34
4.4.6.1-Refrigerantes halogenados.....	34
4.4.6.2-Clorofluorocarbonos.....	35
4.4.6.3-Hidroclorofluorocarbonos.....	35
4.4.7 –Mezclas.....	35
4.4.7.1-Mezclas zeotropicas.....	36
4.4.7.2-Mezclas azeotropicas.....	36
4.4.7.3-Hidrocarburos y compuestos inorgánicos.....	37
4.5-CAUSA YEFECTOS DE LA DESTRUCCION DEL OZONO.....	38

4.5.1-Efectos de algunos refrigerantes sobre la capa de ozono y el Calentamiento global.....	40
4.5.2-Sustitutos transitorios.....	41
5-METODOLOGÍA.....	45
6-CONCLUSIONES.....	56
7-BIBLIOGRAFÍA.....	58

1- DESCRIPCION TECNICA DEL PROYECTO

El proyecto consisten en la utilización de un compresor de ¼ de caballo que se emplea en la refrigeración, dicho compresor se encargara de succionar y extraer de los sistemas de refrigeración, como lo son neveras, enfriadores, cuartos fríos , entre otros; con el proyecto esperamos desarrollar dicho sistema que en muchos casos son muy costosos y poco empleado en el medio por los técnicos de refrigeración haciendo un uso indebido de los gases HCFC, esparciendo al medio ambiente dichos compuestos causando daños irreparables al ozono y no cumpliendo con todos los tratados que se crearon para el cuidado del medio ambiente, imposibilitando la reutilización, o el reciclaje de dichos compuestos.

En primer lugar se requiere hacer una exhaustiva investigación acerca de todo lo relacionado con bombas recuperadoras de gas refrigerante, para así tener una base de como realizaremos nuestro proyecto después

Se desarrollará la parte construcción del sistema de recuperación de gas refrigerante y ya por último se harán las pruebas necesarias para sacar las conclusiones o mejoras que necesite el proyecto para presentar un trabajo óptimo.

Los resultados que esperamos tener es un sistema que sea adecuado para aprender el correcto proceso que se debe llevar a la hora de recuperar y reutilizar los gases HCFC puros, el manejo adecuado y además llevar un diseño que se pueda implementar debido a sus reducidos costos en materiales y la fácil utilización.

2- JUSTIFICACIÓN

Con este proyecto se pretende diezmar un poco el impacto ambiental que causa la liberación al aire libre de los gases refrigerantes como lo son el clorofluorcarbonados y los hidroclorofluorcarbonados (CFC Y HCFC) que causa el deterioro de la capa de ozono y por consiguiente crear un aporte al laboratorio de refrigeración del tecnológico pascual bravo, con el diseño y fabricación de un módulo didáctico de recuperación de gases refrigerantes que permitirá, complementar más el laboratorio y seguir avanzando en la formación de profesionales de mejor calidad

3- OBJETIVOS

3.1- Objetivo General

* Implementar la utilización de un sistema de recuperación de gases HCFC puros para el taller de refrigeración de la institución universitaria PASCUAL BRAVO

* diseñar y construir un módulo de recuperación de gases refrigerantes para el laboratorio de refrigeración del tecnológico pascual bravo

3.2 -Objetivos: Específicos

*Rediseñar el sistema empleado en la refrigeración para la construcción de un sistema de recuperación de gases HCFC

*Utilizar adecuadamente los sistemas que se emplean en la recuperación de gases empleados en la refrigeración

*Disminuir el impacto que tienen los gases refrigerantes sobre la capa de ozono y el medio ambiente en general

4-REFERENTES TEÓRICOS.

Sistemas de recuperación de gases

-REALIZACION.WIGAM S.V (ITALIA) MAYO 2002

Equipo para la recuperación y reciclaje de sistema A/C.

Construcción de un manual de manejo para optimización del equipo, con cronograma de mantenimiento preventivo y correctivo.

-UNIVERSIDAD DE MEXICO (MEXICO D.F.)JUNIO 2004

INVESTIGACION SOBRE GASES REFRIGERANTES

En México investigaciones han demostrado la importancia de usos de equipos de recuperación de gases y reciclado de refrigerante se describe el efecto de los gases clorofluoro carbonados (CFC`S) sobre la capa de ozono en la atmósfera; destacan las reglas que gobiernan el destazamiento de los refrigerantes totalmente alojados, así como los procedimientos adecuados para recuperar y reutilizar los clorofluoro carbonados (CFC´S)

PROTOTIPO DE RECUPERACION, RECICLAJE Y REGENERACION

REALIZADO POR UNIDAD TECNICA OZONO(COLOMBIA-MAUDT)

Este manual de prototipo de recuperación de (CFC´S) da información y capacitación de manejo de equipos de recuperación de gases nocivos para el medio ambiente como lo son los CFC`S y nos dice que todas las personas que ejerzan alguna actividad en la industria de la refrigeración, tiene la obligación de proteger el medio ambiente de las emisiones de CFC´S y nos concientiza de liberar dichos gases que actualmente están en los sistemas de refrigeración.

A corto plazo solo se puede lograr una disminución del consumo de CFC`S mediante la reducción de fugas de gases refrigerante en los equipos existentes y a su debida reutilización.

PROYECTO RECUPERACION DE REFRIGERANTES (DICIEMBRE 2004) PEREIRA

Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de Pereira

Este articulo presenta un avance del proyecto de investigación en el enfoque ambiental relacionado con la construcción de un equipo recuperador de gas refrigerante presentado como equipo para pruebas en lo que es el plan de recuperación de refrigerantes (CFC`S) en la investigación del área metropolitana de Pereira

4.1-MARCO TEORICO

4.2-REFRIGERACION: Definiciones

Debemos saber que la técnica de la refrigeración está íntimamente ligada con la termodinámica; es decir relacionada con la transferencia de calor. Con el fin de entender bien la acción de los refrigerantes dentro de un sistema es necesario conocer las leyes que gobiernan el proceso.

Temperatura: La temperatura de un cuerpo es su estado relativo de calor o frío. Cuando tocamos un cuerpo, nuestro sentido del tacto nos permite hacer una estimación aproximada de su temperatura, de modo análogo a como la sensación de esfuerzo muscular nos permite apreciar aproximadamente el valor de una fuerza. Para la medida de la temperatura debemos hacer uso de una propiedad física medible que varíe con aquella, lo mismo que para la medida de una fuerza empleamos alguna propiedad de un cuerpo que varía con la fuerza, tal como un resorte en espiral. El instrumento utilizado para la medición de temperatura se denomina termómetro, en el cual se emplean diversas propiedades de materiales que varían con la temperatura, tales como: la longitud de una barra, el volumen de un líquido, la resistencia eléctrica de un alambre o el color del filamento de una lámpara, entre otros.

Escalas termométricas: Se ha definido dos escalas de temperatura, una en el Sistema Internacional [SI], cuya unidad es el grado centígrado [°C] y la otra en el sistema inglés, en el cual la unidad es el grado Fahrenheit [°F]. Ambas se basan en la selección de dos temperaturas de referencia, llamados puntos fijos: el punto de fusión del hielo [mezcla de agua saturada de aire y hielo] y el punto de ebullición del agua, ambos a la presión de una atmósfera. En la escala del SI [centígrada] el punto de fusión del hielo corresponde al cero de la escala y el punto de ebullición del agua a la división 100. En la escala del sistema inglés [Fahrenheit], estos puntos característicos corresponden a las divisiones **32** y **212** respectivamente. En la escala centígrada cada división es **1/100** parte del rango definido y se le denomina grado centígrado.

En la escala Fahrenheit se obtiene dividiendo la longitud de la columna entre los puntos fijos en **180** divisiones. Ambas escalas pueden prolongarse por fuera de los puntos de referencia. No existe un límite conocido para la máxima temperatura alcanzable, pero sí lo hay para la temperatura mínima. Este valor se denomina cero absoluto y corresponde a $-273,2^{\circ}\text{C}$.

Escala absoluta	Temperatura de fusión del hielo	Temperatura de ebullición del agua
Kelvin	273K	373K
Rankine	492R	672R

Existe una tercera escala cuyo punto cero coincide con el cero absoluto y tiene sus equivalencias en la escala centígrada y Fahrenheit. Estas escalas se denominan absolutas. La escala centígrada absoluta se denomina también Kelvin y la escala Fahrenheit absoluta se denomina Rankine. Las temperaturas de la escala **Kelvin** exceden en **273°** las correspondientes de la escala **centígrada** y la escala **Rankine** en **460°** a las de la escala Fahrenheit. Por lo tanto los puntos de fusión del hielo y de evaporación en las escalas equivalentes absolutas serán:

Expresado en fórmulas:

$$T_K [\text{Kelvin}] = 273 + t_C$$

$$T_R [\text{Rankine}] = 460 + t_F$$

En virtud de que las escalas, centígrada y Ç Fahrenheit se dividen en 100 y 180 divisiones respectivamente, el intervalo de temperatura correspondiente a un grado centígrado es 180/100 o sea **9/5** del intervalo de temperatura correspondiente a un grado Fahrenheit. El punto cero de la escala Fahrenheit está evidentemente 32F por debajo del punto de fusión del hielo. Se consideran negativas las temperaturas por debajo del cero de cada escala. Para convertir una temperatura expresada en una escala en su valor correspondiente en la otra escala, recurrimos al siguiente razonamiento, a partir de un ejemplo: una temperatura de **15°C** es un valor situado 15 unidades en esa escala por encima del punto de fusión del hielo. Puesto que ya vimos que una división en la escala centígrada equivale a **9/5** de división en la escala Fahrenheit, un intervalo de **15°C** corresponde a un intervalo de **15 x 9/5 = 27F** y por consiguiente esta temperatura se encuentra un intervalo de **27F** por encima del punto de fusión del hielo. Como la temperatura de fusión del hielo en la escala Fahrenheit está **32F** por encima del cero de esta escala, debemos sumarle esto al resultado anterior para encontrar su equivalencia: **27 + 32 = 59F**. Expresado esto como una fórmula:

$$t_F = 9/5 t_C + 32$$

y su inversa:

$$t_C = 5/9 (t_F - 32)$$

Fórmulas éstas muy fáciles de memorizar y de gran utilidad cuando no se dispone de una tabla de conversión y se necesita hacer la conversión en el campo.

Energía: Un cuerpo posee energía cuando es capaz de hacer trabajo mecánico mientras realiza un cambio de estado. La unidad de energía térmica es el joule [J], la kilocaloría [kcal], y British Thermal Unit [Btu]; para la energía eléctrica es el kilovatio hora [Kwh].

- **Energía cinética:** es la energía que posee un cuerpo debido a su movimiento.
- **Energía potencial:** es la energía debida a su posición o configuración.
- **Energía interna:** podemos elevar la temperatura de un cuerpo, bien poniéndolo en contacto con otro segundo cuerpo de temperatura más elevada, o realizando trabajo mecánico sobre él; por ejemplo, el aire comprimido por una bomba de bicicleta se calienta cuando empujamos el pistón hacia abajo, aunque también podría calentarse colocándolo en un horno. Si analizáramos una muestra de este aire caliente, sería imposible deducir si fue calentado por compresión o por flujo calorífico procedente de un cuerpo más caliente. Esto promueve la cuestión de si está justificado hablar del calor de un cuerpo, puesto que el estado presente del cuerpo puede haberse alcanzado suministrándole calor o haciendo trabajo sobre él. El término adecuado para definir este estado es el de energía interna. La energía interna de un gas a baja presión puede identificarse con la suma de las energías cinéticas de sus moléculas. Tenemos evidencias exactas de que las energías de las moléculas y sus velocidades, sea el cuerpo sólido, líquido o gaseoso, aumentan al aumentar la temperatura.

Equivalente mecánico del calor: La energía en forma mecánica se mide en ergios, julios, kilográmetros, o libras-pie; la energía en forma térmica se mide en caloría, kilocaloría o Btu. Se define la **kilocaloría como 1/860 Kw-h**, luego, por definición:

1 cal = 4,18605 julios

1 kilocaloría = 4186,05 julio = 427,1 kgm

1 Btu = 778.26 libras-pie

Trabajo: se lo representa por la letra [**W**], es el resultado de aplicar una fuerza sobre un objeto y obtener movimiento en el sentido de la fuerza aplicada.

Calor: se lo representa generalmente por la letra [**Q**]. Es una forma en que se manifiesta la energía. El calor, como la energía mecánica, es una cosa intangible, y una unidad de calor no es algo que pueda conservarse en un laboratorio de medidas. La cantidad de calor que interviene en un proceso se mide por algún cambio que acompaña a este proceso, y una unidad de calor se define como el calor necesario para producir alguna transformación tipo convenida. Citaremos tres de estas unidades: la caloríakilogramo, la caloríagramo y la unidad térmica británica [**Btu**].

- Una caloría-kilogramo o kilocaloría es la cantidad de calor que ha de suministrarse a un kilogramo de agua para elevar su temperatura en un grado centígrado
- Una caloría-gramo es la cantidad de calor que ha de suministrarse a un gramo de agua para elevar su temperatura en un grado centígrado.
- Un **Btu** es la cantidad de calor que ha de suministrarse a una libra de agua para elevar su temperatura en un grado Fahrenheit.

Evidentemente, **1 caloría-kilogramo = 1000 calorías-gramo**

Puesto que **1 libra = 0,454 kilogramos** y **1F = 5/9°C**, la **Btu** puede definirse como la cantidad de calor que ha de suministrarse a 0,454 kg de agua para elevar su temperatura en 5/9°C, y equivale a: $1 \text{ Btu} = 0,454 \text{ kilogramos} \times 5/9^\circ\text{C} = 0,252 \text{ kcal}$. Por consiguiente,

$$1 \text{ Btu} = 0,252 \text{ kcal} = 252 \text{ cal}$$

Relación cuyo valor es muy útil recordar para cálculos en el campo. Las unidades de calor definidas varían levemente con la temperatura inicial del agua. Se conviene generalmente utilizar el intervalo de temperatura entre 14,5°C y 15,5°C en el sistema internacional SI y entre 63F y 64F en el sistema inglés de medidas. Para la mayor parte de los fines la diferencia es lo bastante pequeña para que pueda considerarse despreciable. Es esencial aclarar la diferencia entre cantidad de calor y temperatura. Estas expresiones suelen confundirse en la vida ordinaria. Para ello, un ejemplo: Supuestos dos recipientes idénticos, montados sobre mecheros de gas idénticos, uno de ellos con una pequeña y el otro con una gran cantidad de agua, ambos a la misma

temperatura inicial, digamos 20°C; si los calentamos durante el mismo tiempo comprobaremos mediante termómetros, que la temperatura de la pequeña cantidad de agua se habrá elevado más que la de la gran cantidad. En este ejemplo se ha suministrado la misma cantidad de calor a cada recipiente de agua obteniéndose un incremento de temperatura distinto. Continuando el experimento, si nos proponemos alcanzar una misma temperatura final, digamos 90°C, es evidente que la alcanzaremos más rápidamente en el recipiente con menor cantidad de agua, o lo que es igual, habremos necesitado menor cantidad de calor en este caso; o sea para un mismo rango de temperatura, las cantidades de calor necesarias han sido significativamente distintas.

En términos termodinámicos se interpreta que el calor es la forma de energía que pasa de un cuerpo a otro en virtud de una diferencia de temperatura entre ellos.

4.3-Ciclo mecánico de refrigeración

En el gráfico siguiente se superponen un esquema de un sistema de refrigeración y un gráfico de Mollier para destacar la correlación que existe entre ambos cuando se identifican los procesos que se llevan a cabo en cada uno de los cuatro componentes principales de un sistema de refrigeración con los puntos característicos que identifican cada uno de los pasos en el diagrama de Mollier.

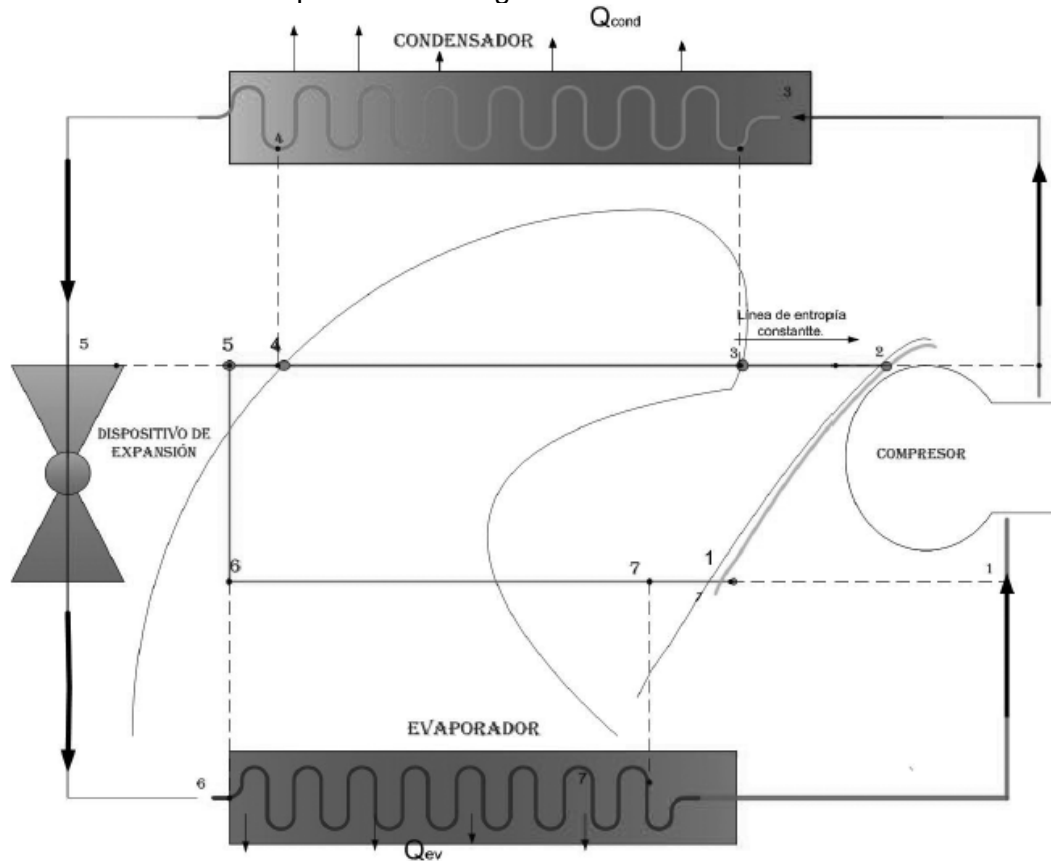


Diagrama de un ciclo básico de refrigeración.

Como su nombre, **ciclo**, lo indica, se trata de un proceso cerrado en el cual no hay pérdida de materia y todas las condiciones se repiten indefinidamente. Dentro del ciclo de refrigeración y basado en la presión de operación se puede dividir el sistema en dos partes:

- Lado de alta presión: parte del sistema que está bajo la presión del condensador.
- Lado de baja presión: parte del sistema que está bajo la presión del evaporador.

El proceso básico del ciclo consta de cuatro elementos.

Lado de alta presión

Compresor: (1-2) **comprime** el refrigerante en forma de gas sobrecalentado. Este es un proceso a entropía constante y lleva el gas sobrecalentado de la presión de succión (ligeramente por debajo de la presión de evaporación) a la presión de condensación, en condiciones de gas sobrecalentado.

Condensador: (3-4) **extrae** el calor del refrigerante por medios naturales o artificiales (forzado). El refrigerante es recibido por el condensador en forma de gas y es enfriado al pasar por los tubos hasta convertir toda la masa refrigerante en líquido; su diseño debe garantizar el cumplimiento de este proceso, de lo contrario se presentarán problemas de funcionamiento.

Para condensadores enfriados por aire, puede decirse que la temperatura del refrigerante en un condensador debe estar 15K por encima de la temperatura promedio del aire alrededor de este (**temperatura del condensador = temperatura ambiente + 15°C**).

Dispositivo de expansión: (5-6) es el elemento que **estrangula el flujo** del líquido refrigerante para producir una caída súbita de presión obligando al líquido a entrar en evaporación. Puede ser una válvula de expansión o un tubo de diámetro muy pequeño en relación a su longitud [capilar].

Lado de baja presión

Evaporador: (6-7) **suministra calor** al vapor del refrigerante que se encuentra en condiciones de cambio de estado de líquido a gas, extrayendo dicho calor de los productos o del medio que se desea refrigerar. El evaporador debe ser calculado para que garantice la evaporación total del refrigerante y producir un ligero sobrecalentamiento del gas antes de salir de él, evitando el peligroso efecto de entrada de líquido al compresor, que puede observarse como presencia de escarcha en la succión, lo cual prácticamente representa una condición que tarde o temprano provocará su falla. Cumpliendo el ciclo, el sistema se cierra nuevamente al succionar el refrigerante el compresor en condiciones de gas sobrecalentado.

Otros dispositivos

Adicionalmente, usualmente se insertan a ambos lados de presión (alta/Baja) en el sistema, con fines de **seguridad y de control**, varios dispositivos como son:

Filtro secador: su propósito es retener la humedad residual contenida en el refrigerante y al mismo tiempo filtrar las partículas sólidas tanto de metales como cualquier otro material que circule en el sistema. Normalmente se coloca después del condensador y antes de la entrada del sistema de expansión del líquido. La selección del tamaño adecuado es importante para que retenga toda la humedad remanente, después de una buena limpieza y evacuación del sistema.

Visor de líquido: su propósito es el de supervisar el estado del refrigerante (líquido) antes de entrar al dispositivo de expansión. Al mismo tiempo permite ver el grado de sequedad del refrigerante.

Separador de aceite: como su nombre lo indica, retiene el exceso de aceite que es bombeado por el compresor con el gas como consecuencia de su miscibilidad y desde allí lo retorna al compresor directamente, sin que circule por el resto del circuito de refrigeración. Solo se lo emplea en sistemas de ciertas dimensiones. Existen otros dispositivos que han sido desarrollados para mejorar la eficiencia del ciclo de refrigeración, tanto en la capacidad de enfriamiento (subenfriamiento), como en el funcionamiento (control de ecualización); o para proteger el compresor como es el caso de los presostatos de alta y baja que bloquean el arranque del compresor bajo condiciones de presiones en exceso o en defecto del rango permitido de operación segura, e impiden que el compresor trabaje en sobrecarga o en vacío y los filtros de limpieza colocados en la línea de succión del compresor en aquellos casos en que se sospeche que el sistema pueda tener vestigios no detectados de contaminantes.

4.4-DEFINICIÓN DE UN REFRIGERANTE

De manera general, un refrigerante es cualquier cuerpo o sustancia que actúe como agente de enfriamiento, absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia. Desde el punto de vista de la refrigeración mecánica por evaporación de un líquido y la compresión de vapor, se puede definir al refrigerante como el medio para transportar calor desde donde lo absorbe por ebullición, a baja temperatura y presión, hasta donde lo rechaza al condensarse a alta temperatura y presión.

Los refrigerantes son los fluidos vitales en cualquier sistema de refrigeración mecánica. Cualquier sustancia que cambie de líquido a vapor y viceversa, puede funcionar como refrigerante, y dependiendo del rango de presiones y temperaturas a que haga estos cambios, va a tener una aplicación útil comercialmente. Existe un número muy grande de fluidos refrigerantes fácilmente licuables; sin embargo, sólo unos cuantos son utilizados en la actualidad. Algunos se utilizaron mucho en el pasado, pero se eliminaron al incursionar otros con ciertas ventajas y características que los hacen más apropiados.

Recientemente, se decidió discontinuar algunos de esos refrigerantes antes del año 2000, tales como el R-11, R-12, R-113, R-115, etc., debido al deterioro que causan a la capa de ozono en la estratósfera. En su lugar, se van a utilizar otros refrigerantes como el R-123, el R-134a y algunas mezclas ternarias. Los grandes fabricantes de refrigerantes, siguen trabajando en el desarrollo de nuevos productos.

4.4.1-Historia de los Refrigerantes

La práctica de la refrigeración, probablemente ha existido desde la época de las cavernas. Con frecuencia, en la historia se menciona el uso de hielo y nieve naturales para fines de enfriamiento. Los chinos, y después los romanos, los usaban para enfriar sus bebidas. En algunos lugares donde sólo tienen hielo en el invierno, lo almacenaban en fosos para usarlo en el verano. En lugares desérticos donde no disponían de hielo o nieve en ninguna época del año, como en Egipto, se utilizaba la evaporación del agua para el enfriamiento de bebidas, y hasta algunos dispositivos ingeniosos para hacer la estancia más confortable. El agua fue el primer refrigerante, con una larga historia de uso, continuando hasta nuestra época. Con el paso del tiempo, se han hecho mejoras en cuanto a su manejo y almacenamiento, pero aún se utiliza el hielo natural por todo el mundo. El uso histórico y fundamental del hielo, ha sido reconocido en una unidad de refrigeración: la tonelada de refrigeración, la cual se define como la cantidad de calor que se requiere para fundir dos mil libras de hielo en 24 hrs. En refrigeración se dio un gran paso adelante, allá por el año 1600, cuando se descubrió que una mezcla de hielo con sal, producía temperaturas más bajas que el hielo solo. En cierta manera, ésta fue la primer mejora sobre la naturaleza en el campo de la refrigeración. Hacia finales del siglo XVIII, la inventiva del hombre se había dirigido hacia la producción de frío en el momento y tiempo que se deseara. Se desarrollaron máquinas para disminuir la presión del vapor del agua y acelerar su evaporación. También recibió considerable atención el arte de producir frío por la liberación de aire comprimido.

Durante la primera parte del siglo XIX, se desarrollaron máquinas para la compresión de vapor y se probaron muchos fluidos como refrigerantes, entre los que sobresalieron el amoníaco, bióxido de carbono, bióxido de azufre, cloruro de metilo y en cierta medida, algunos hidrocarburos. A finales del siglo, la refrigeración mecánica estaba firmemente establecida. Por muchos años (desde 1876), al amoníaco se le han encontrado excelentes propiedades como refrigerante, y desde entonces, ha sido el refrigerante más utilizado comúnmente. Aún en la actualidad, ha demostrado ser satisfactorio, sobre todo en refrigeración industrial en grandes plantas. En las décadas siguientes, la atención fue orientada hacia el mejoramiento del diseño mecánico y la operación de los equipos. A principios del siglo XX, se desarrollaron las unidades domésticas y los refrigerantes en uso en ese tiempo, padecían de una o más propiedades riesgosas. Algunos eran tóxicos, otros inflamables, y otros más operaban a muy altas presiones; por lo que para estos equipos más

pequeños, los ingenieros se enfocaron al refrigerante de más baja presión de operación: el bióxido de azufre. Este refrigerante tiene algunas fallas serias, como la formación de ácido sulfuroso cuando se combina con el agua; es muy corrosivo y ataca las partes del sistema. Adicional a esto, cuando se fuga aún en pequeñísimas cantidades, causa tos violenta y ahogamiento. Estas cualidades indeseables, obligaron a los fabricantes a hacer las unidades menos propensas a fugas y a tener precaución de secarlas, logrando reducir los requerimientos de servicio hasta un punto, donde las desventajas del refrigerante no eran tan grandes. Literalmente, se construyeron millones de esas unidades que utilizaban bióxido de azufre, las cuales operaban satisfactoriamente.

En 1928, el vicepresidente de una importante compañía de automóviles, C.F. Kettering, decidió que la industria de la refrigeración, si quería llegar a alguna parte, necesitaba un nuevo refrigerante seguro y estable, que no fuera tóxico, corrosivo ni inflamable, y que tuviera las características necesarias para poder usarse en equipos compactos. Kettering solicitó a Thomas Midgely que explorara la posibilidad de desarrollar dicho producto. Un grupo de químicos se pusieron manos a la obra e iniciaron la búsqueda de tal refrigerante. Sabían que las combinaciones de flúor eran muy estables, así que, experimentaron con algunos de los compuestos químicos comunes de carbono, cloro e hidrógeno, sustituyendo átomos de cloro e hidrógeno por átomos de flúor, y en poco tiempo, lograron sintetizar el diclorodifluorometano. Demostraron que no era inflamable y que tenía una toxicidad inusualmente baja. Los experimentos consistieron en reordenar la molécula de tetra cloruro de carbono. En la figura 12.1-A, se muestra la fórmula estructural de la molécula de tetracloruro de carbono, usada para fabricar algunos de los refrigerantes halogenados. Comparándola con la molécula de metano en la figura 12.1-B, se ve que las dos son similares, excepto que el metano tiene 4 átomos de hidrógeno y el tetracloruro tiene 4 átomos de cloro. Reemplazando un átomo de cloro por un átomo de flúor, se tiene otro compuesto más estable llamado tricloromonofluorometano o R-11, como se muestra en la figura 12.1-C. Si se reemplazan dos átomos de cloro por dos de flúor, se obtiene el diclorodifluorometano o R-12, como se muestra en la figura 12.1-D.

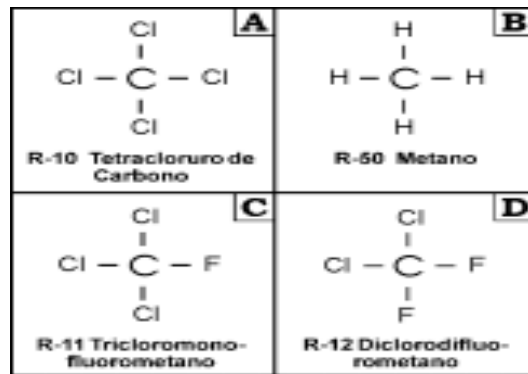
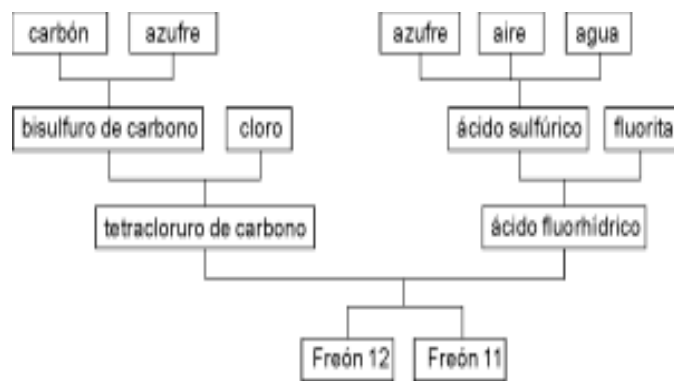


Figura 12.1 - Fórmulas estructurales del R10, R-50, R-11 y R-12.

En 1929 se le solicitó a una compañía química, que ayudara a desarrollar un proceso comercial práctico para la fabricación del nuevo refrigerante. Con este desarrollo nació la industria de los refrigerantes halogenados, ninguno de los cuales existía antes. El primero de ellos fue el Freón 12, que durante muchos años, fue el más popular (ver figura 12.2). De allí siguieron el Freón 11, el Freón 21, el Freón 114, y el Freón 22, cada uno con sus características especiales.

Figura 12.2 - Fabricación del Freón 12 y Freón 11.



Sin embargo, el desarrollo de los refrigerantes Freón no tuvo una recepción entusiasta. Las comisiones de seguridad eran prudentes en sus sanciones; los técnicos de servicio estaban inconformes respecto a las fugas, porque no los podían detectar con el olfato; los contratistas los rechazaban porque costaban más que el bióxido de azufre, y algunos de los fabricantes líderes, se rehusaban a diseñar el equipo de refrigeración que se ajustara a las propiedades termodinámicas de estos refrigerantes.

Gradualmente, surgieron diseños que usaban pequeñas cantidades de estos refrigerantes costosos. Se diseñaron compresores, evaporadores,

condensadores e intercambiadores; se construyeron unidades paquete con un mínimo de uniones, y cada unión estaba cuidadosamente diseñada y fabricada para eliminar fugas. Se utilizaron nuevos materiales que no podían ser utilizados con seguridad con los antiguos refrigerantes, los técnicos se volvieron expertos en la detección de fugas, y el Freón arribó como un refrigerante aceptado. El resultado fue que los freones eran virtualmente la base de todas las unidades pequeñas, y era usado también en trabajos grandes de aire acondicionado.

Con el tiempo, se fueron desarrollando otros compuesto halogenados y creció la familia de los freones. Además de refrigerantes, se les encontraron otras aplicaciones, tales como propelentes, solventes, extinguidores de fuego agentes espumantes y otros. Algunos años más tarde otras compañías comenzaron a fabricar los compuesto halogenados con otros nombres comerciales.

Para la década de los setenta, ya había sospechas de que estos compuestos afectaban la capa de ozono de la atmósfera, pero no se podía demostrar, y tal aseveración no era aceptado por los fabricantes. Al principio de los ochenta, estudios hechos por científicos de la NASA por medio de satélites, descubrieron un "adelgazamiento" de la capa de ozono en la Antártida, y estudios posteriores comprobaron que el deterioro del ozono estratosférico era debido a la emisión de compuestos halogenados, principalmente los que contienen bromo y cloro.

Después de varios años de negociaciones, se llevó a cabo un acuerdo internacional en 1989 en la ciudad de Montreal Canadá, por lo que se le conoce como el Protocolo de Montreal. Este protocolo es un esfuerzo unido de gobiernos, científicos, industrias y grupos ecologistas coordinados por la UNEP (Programa Ambiental de las Naciones Unidas). Este acuerdo consistió en regular la producción uso de los clorofluorocarbonos (CFC) de manera gradual hasta su total desfasamiento antes del año 2000, partiendo de la base de los niveles de producción mundial que había en 1986.

Mientras tanto, los fabricantes de refrigerantes trabajaban en la búsqueda de productos nuevos para substituir los que iban a desaparecer. Rápidamente desarrollaron compuestos para substituir al R-11 y al R-12, que tienen propiedades termodinámicas muy similares, pero que no afectan la capa de ozono.

Estos refrigerantes son el R-123 y el R-134a, que en la actualidad ya se están produciendo comercialmente, y algunos fabricantes de equipo original ya los están incluyendo en sus unidades. Dichos productos pueden utilizarse también

en equipos usados que actualmente funcionan con R-11 o R-12, haciendo algunas modificaciones al compresor, tales como utilizar aceite sintético en lugar de aceite mineral y cambiar algunos sellos o empaques, por otros de diferente material.

Se desarrollaron también refrigerantes como el R-124 y el R-125, para substituir al R-114 y algunas aplicaciones del R-502, respectivamente. Otras alternativas aceptables para reemplazar al R-12 y al R-502 durante el período de transición, hasta el desfasamiento total, son las mezclas ternarias. Las mezclas ternarias, son mezclas azeotrópicas de tres diferentes refrigerantes de entre los siguientes: 22, 124, 125, 134a, 152^a y propano. Estas mezclas tienen características muy similares a los clorofluorocarbonos, pero con un impacto ambiental grandemente reducido y que requieren un mínimo de cambios en los equipos, comparados con otros refrigerantes alternos.

La historia se repite de manera similar, como a principios de la década de los años treinta, cuando se introdujo comercialmente el R-12. La introducción de los nuevos refrigerantes va a requerir de información y capacitación tanto de técnicos, contratistas y fabricantes de equipo original. Su costo actualmente es entre 2.5 y 4 veces más, pero a diferencia de la primera vez, en esta ocasión son la única alternativa, y además, existe la conciencia ecológica, lo que hace que tengan que aceptarse estos nuevos productos.

Para poder utilizar los en sistemas que actualmente están trabajando, va a ser necesario rehabilitar el compresor del sistema en lo que se refiere a cambiar algunos materiales como sellos o empaques, ya que los que son compatibles con el R-11 y el R-12, no lo son con el R-123 y el R-134a. Además, para estos refrigerantes sustitutos se tiene que utilizar aceites sintéticos a base de polialquilenglicol (PAG), de poliál-éster (POE), o de Alquil Benceno.

A continuación, se mencionan algunos hechos históricos en el desarrollo de los refrigerantes y la industria de la refrigeración.

1600 -Se encontró que una mezcla de nieve y sal, bajaba la temperatura del agua lo suficiente para congelarla.

1775 -Un profesor de la Universidad de Edinburgo, utilizó una bomba de aire para reducir la presión y bajar la temperatura de ebullición del agua.

1810 -Sir John Leslie, en Escocia, utilizó ácido sulfúrico para absorber vapor de agua y ayudar a mantener una baja presión baja.

1834 - La primera máquina refrigeradora práctica que usaba el ciclo de refrigeración, fue construida por Jacob Perkins, en Londres, utilizando éter como refrigerante.

1845 -Se usó la expansión de aire comprimido para congelar agua.

1850 -Se desarrolló una máquina de absorción práctica y pequeña por E. Carré, utilizando agua y ácido sulfúrico.

1857 - James Harrison aplicó con éxito la máquina de Perkins para producir refrigeración en cervecerías, y para enfriar carne y productos perecederos, usando éter como refrigerante.

1859 - Ferdinand Carré construyó un sistema de absorción con amoníaco y agua.

1869 -Por estas fechas ya había en existencia varias plantas de hielo.

1873 -El Dr. Carl Linde introdujo el compresor de vapor de amoníaco.

1876 -Raoul Pictet construyó un compresor de bióxido de azufre.

1876 -Para embarcar carne de Argentina a Francia, se utilizó éter de metilo.

1877 -Se iniciaron trabajos de desarrollo en maquinaria de refrigeración por aire, lo que condujo a los compresores Bell-Coleman.

1880/1890 - Se utilizaban exitosamente varios refrigerantes diferentes, principalmente el cloruro de metilo y bióxido de carbono.

1890 -Se desarrolló la demanda de unidades pequeñas para uso doméstico y comercial.

1900 -Apareció el motor eléctrico.

1930 -En una junta de la sociedad química americana, Midgely y Henne anunciaron a un diario el desarrollo de los refrigerantes halogenados.

1931 -El freón 12 es lanzado como un refrigerante comercial.

1931 -El 24 de noviembre, la patente original de los refrigerantes halogenados fue expedida a Midgely, Henne y Mc Nary.

1932 - Introducción comercial del freón 11.

1933 - Introducción comercial del freón 114.

1934 - Introducción comercial del freón 113.

1936 - Introducción comercial del freón 22. Sin embargo, no se desarrolló a grande escala, sino hasta después de la segunda guerra mundial.

1939 - Introducción comercial del freón 21.

1943 -Se desarrolló el uso del freón 11 y 12, como propelentes de aerosol, por Goodhue y Sullivan
1945 - Introducción comercial del freón 13.

1950 - Introducción comercial del R-500.

1952 - La empresa Allied Chemical Corp. inicia la fabricación de refrigerantes halogenados.

1955 - Introducción comercial del freón 14.

1956 -Du Pont publicó un sistema para la numeración de refrigerante de uso general.

1957 -Pennsalt Chemicals Corp. inició la fabricación de refrigerantes halogenados.

1958 -Union Carbide Corp. inició la fabricación de refrigerantes halogenados.

1961 - Introducción comercial del freón 502.

1961 - Introducción comercial del freón C-318 como propelente para alimentos, aunque ya había sido usado como refrigerantes unos años antes.

1963 -Kaiser Aluminum and Chemical Co., inició la fabricación de refrigerantes halogenados.

1965 -Racón Inc. inició la fabricación de refrigerantes halogenados.

1974 - Los científicos Molina y Rowland, presentaron la hipótesis de que algunos gases emanados desde la tierra deterioraban la capa de ozono; lo que fue confirmado años más tarde por la NASA.

1989 -Se llevó a cabo el Protocolo de Montreal, donde se decidió defasar los compuestos que **deterioran la capa de ozono, entre ellos el R-11 y el R-12.**

1989 -En plantas piloto a nivel experimental, los principales fabricantes de refrigerantes desarrollaron compuestos para substituir los refrigerantes que habrán de desaparecer. Entre los nuevos sustitutos estaban el R-134a, el R-123, el R-141b, el R-124 y el R-125.

1990 -Se desarrollaron mezclas zeotrópicas para utilizarlas como refrigerantes, en los equipos que estaban actualmente operando con R-12, R-500 y R-502.

4.4.2-Identificación de Refrigerantes

Los refrigerantes se identifican por números después de la letra R, que significa "refrigerante". El sistema de identificación ha sido estandarizado por la ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers). Es necesario estar familiarizado con los números, así como con los nombres de los refrigerantes. En la tabla 12.3, aparecen los refrigerantes más comunes. Cabe mencionar que las mezclas zeotrópicas, son refrigerantes transitorios que se desarrollaron para substituir al R-22 y al R-502, aunque algunas de estas, van a permanecer como sustitutos de estos refrigerantes.

No.	NOMBRE QUIMICO	FORMULA QUIMICA
Serie Metano		
10	Tetraclorometano (tetracloruro de carbono)	CCl ₄
11	Tricloromonofluorometano	CCl ₃ F
12	Diclorodifluorometano	CCl ₂ F ₂
13	Clorotrifluorometano	CClF ₃
20	Triclorometano (cloroformo)	CHCl ₃
21	Diclorofluorometano	CHCl ₂ F
22	Clorodifluorometano	CHClF ₂
23	Trifluorometano	CHF ₃
30	Diclorometano (cloruro de metileno)	CH ₂ Cl ₂
40	Clorometano (cloruro de metilo)	CH ₃ Cl
50	Metano	CH ₄
Serie Etano		
110	Hexacloroetano	CCl ₃ CCl ₃
113	1,1,2-triclorotrifluoroetano	CCl ₂ FCClF ₂
115	Cloropentafluoroetano	CClF ₂ CF ₃
123	2,2-Dicloro - 1,1,1-Trifluoroetano	CHCl ₂ CF ₃
134a	1,1,1,2-Tetrafluoroetano	CH ₂ FCF ₃
141b	1,1-Dicloro-1-fluoroetano	CH ₃ CCl ₂ F
150a	1,1-Dicloroetano	CH ₃ CHCl ₂
152a	1,1-Difluoroetano	CH ₃ CHF ₂
160	Cloroetano (cloruro de etilo)	CH ₃ CH ₂ Cl
170	Etano	CH ₃ CH ₃
Hidrocarburos		
290	Propano	CH ₃ CH ₂ CH ₃
600	Butano	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃
600a	2-Metilpropano (isobutano)	CH(CH ₃) ₃
Compuestos Inorgánicos		
702	Hidrógeno	H ₂
704	Helio	He
717	Amoniaco	NH ₃
718	Agua	H ₂ O
720	Neón	Ne
728	Nitrógeno	N ₂
732	Oxígeno	O ₂
744	Bióxido de Carbono	CO ₂
764	Bióxido de Azufre	SO ₂
Mezclas Zeotrópicas		
400	R-12/114 (60/40)	
401A	R-22/152a/124 (53/13/34)	
401B	R-22/152a/124 (61/11/28)	
402A	R-22/125/290 (38/60/2)	
402B	R-22/125/290 (60/38/2)	
404A	R-125/143a/134a (44/52/4)	
407A	R-32/125/134a (20/40/40)	
407B	R-32/125/134A (10/70/20)	
407C	R-32/125/134a (23/25/52)	
408A	R-125/143a/22 (7/46/47)	
409A	R-22/124/142b (60/25/15)	
410A	R-32/125 (50/50)	
Mezclas Azeotrópicas		
500	R-12/152a (73.8/26.2)	
502	R22/115 (48.8/51.2)	
503	R-223/13 (40.1/59.9)	
507	R-125/143a (50/50)	

Tabla 12.3 - Designación de números a los principales refrigerantes .Los números entre paréntesis indican el porciento de cada componente en la mezcla

4.4.3-Requerimientos de los Refrigerantes

Para que un líquido pueda ser utilizado como refrigerante, debe reunir ciertas propiedades, tanto termodinámicas como físicas. El refrigerante ideal, sería aquél que fuera capaz de descargar en el condensador todo el calor que absorba del evaporador, la línea de succión y el compresor. Desafortunadamente, todos los refrigerantes regresan al evaporador arrastrando una cierta porción de calor, reduciendo la capacidad del refrigerante para absorber calor en el lado de baja.

Cuando se piensa cuidadosamente en este proceso, vienen a nuestra mente muchas preguntas: ¿Por qué los refrigerantes hierven a baja temperatura? ¿Cuánto calor se absorbe al hervir el refrigerante? ¿Qué hace realmente el compresor al refrigerante al aumentarle su presión y temperatura? ¿En cuánto se aumentan? ¿Qué causa realmente que el vapor se condense a una temperatura más alta? ¿Cómo es rechazado el calor? ¿Cuánto calor es rechazado?, y así sucesivamente.

Estas son la clase de preguntas a que se enfrenta uno en los trabajos de refrigeración. Si su trabajo es diseño de componentes y equipos, o mantener un sistema trabajando sin problemas, lo primero que debe saber es acerca del refrigerante dentro del sistema. Por ejemplo, un sistema típico tiene muchos indicadores que le dicen la condición exacta del refrigerante en varios puntos del sistema, y muchos controles que le permiten hacer ajustes cuando surja la necesidad. Estos dispositivos son necesarios, para mantener las condiciones deseadas del refrigerante al demandar cambios la carga de enfriamiento. Pero si usted no sabe cómo responde el refrigerante a los cambios de temperatura y presión, los indicadores y los controles no le serán de mucha utilidad.

Para comprender los refrigerantes, es básica la relación entre presión y temperatura. Cómo absorbe, transporta y rechaza calor un refrigerante, al cambiar de líquido a vapor y volver a líquido, es igualmente importante entenderlo. Estas son las propiedades en que los refrigerantes difieren de uno a otro.

Un refrigerante ideal deberá reunir todas las propiedades siguientes.

Propiedades Termodinámicas

1. Presión - Debe operar con presiones positivas.
2. Temperatura - Debe tener una temperatura crítica por arriba de la temperatura de condensación. Debe tener una temperatura de congelación por

debajo de la temperatura del evaporador. Debe tener una temperatura de ebullición baja.

3. Volumen - Debe tener un valor bajo de volumen específico en fase vapor, y un valor alto de volumen en fase líquida.

4. Entalpia - Debe tener un valor alto de calor latente de vaporización.

5. Densidad

6. Entropia

Propiedades Físicas y Químicas

7. No debe ser tóxico ni venenoso.

8. No debe ser explosivo ni inflamable.

9. No debe tener efecto sobre otros materiales.

10. Fácil de detectar cuando se fuga.

11. Debe ser miscible con el aceite.

12. No debe reaccionar con la humedad.

13. Debe ser un compuesto estable.

Fácilmente se comprende que ninguno de los refrigerantes conocidos reúne todas estas cualidades; es decir, no existe un refrigerante ideal, por lo que, en base a un balance de ventajas, deberá seleccionarse el que reúna el mayor número de estas características de acuerdo al diseño requerido.

A continuación, se estudiarán detenidamente cada una de estas propiedades, comparando los diferentes refrigerantes y, para fines de simplificación, de la tabla 12.3 se van a seleccionar los refrigerantes más conocidos. Para efectos de comparación, se han establecido las condiciones de temperaturas de operación siguientes: -15°C (5°F) en el evaporador y 30°C (86°F) en el condensador.

4.4.4-Propiedades Termodinámicas de los refrigerantes

Son aquellas que tienen relación con el movimiento del calor.

Estas propiedades se publican para cada refrigerante en forma de tablas. Estas tablas se dividen en dos secciones: Propiedades de Saturación de Líquido y Vapor, y Propiedades del Vapor Sobrecalentado. Las primeras se dan comúnmente a intervalos de temperatura, y las segundas, se dan tanto a intervalos de presión, como de temperatura.

Estas tablas son elaboradas por los fabricantes de refrigerantes y algunas asociaciones relacionadas con refrigeración, y se pueden encontrar en libros de texto, manuales o boletines técnicos. Las de mayor aplicación para resolver problemas de cálculos y diseño de equipos, son las tablas de propiedades termodinámicas de saturación.

Propiedades de Saturación. En la tabla 12.12, se muestra parcialmente las propiedades de saturación para el R-22. La primera columna es la temperatura en grados centígrados. Las siguientes dos columnas, son presiones absoluta y manométrica en kPa (o en psig). Las dos columnas siguientes son los valores del volumen, uno es la cantidad de litros que ocupa un kilogramo de refrigerante líquido, el otro, es la cantidad de m³ de vapor saturado de refrigerante que se necesita para hacer un kilogramo.

Enseguida del volumen están las columnas de los valores de la densidad, estas son los kilogramos de refrigerante líquido en un litro y los kilogramos de vapor de refrigerante saturado en un m³. Estos valores son los recíprocos de los valores del volumen.

Después, hay tres columnas del contenido de calor; la primera es el calor del líquido arriba de -40°C, la segunda es el calor latente, y la tercera es el calor total.

Las últimas dos columnas son de la entropía en fase líquida y en fase vapor del refrigerante.

A continuación, se describirán cada una de estas propiedades.

1. Presión

Las presiones que actúan en un sistema de refrigeración, son extremadamente importantes. En primer término, se debe operar con presiones positivas; es decir, las presiones tanto en el condensador como en el evaporador, deben ser superiores a la presión atmosférica. Si la presión en el evaporador es negativa, es decir, que se esté trabajando en vacío, hay riesgo de que por una fuga entre

aire al sistema. Por esto, el refrigerante debe tener una presión de evaporación lo más baja posible, pero ligeramente superior a la presión atmosférica.

Por otra parte, la presión de condensación debe ser lo suficientemente baja, ya que esto determina la robustez del compresor y del condensador. Mientras más alta sea la presión, se requiere un equipo más robusto, y por lo tanto, más caro.

La tabla 12.4, nos muestra las presiones de operación para los refrigerantes seleccionados, a las condiciones fijadas de temperaturas.

Un ejemplo claro de alta presión de condensación es el R-170, para el cual se requiere un equipo extremadamente robusto para soportar presiones arriba de 4660 kPa (660 psig). Los refrigerantes R-30 y R-123, trabajarían en vacío en el evaporador a esta temperatura.

El R-134a trabaja a presiones más próximas a lo ideal, ya que su presión de evaporación es muy baja, sin llegar al vacío, y su presión de condensación no es tan alta, por lo que no requiere un equipo muy robusto.

2. Temperatura

Hay tres temperaturas que son importantes para un refrigerante y que deben ser consideradas al hacer la selección. Estas son: la de ebullición, la crítica y la de congelación.

La temperatura de ebullición de un refrigerante, siempre es referida a la presión atmosférica normal de 101.3 kPa (0 psig). Se puede decir, que el punto de ebullición de cualquier líquido, es la temperatura a la cual su presión de vapor es igual a la atmosférica.

El punto de ebullición de un refrigerante debe ser bajo, para que aún operando a presiones positivas, se pueda tener una temperatura baja en el evaporador.

En la tabla 12.5, se muestran las temperaturas de ebullición de los refrigerantes escogidos para efectos de comparación. Obsérvese que el R-170 (etano), tiene la temperatura de ebullición más baja, -88.6°C y el R-718 (agua) tiene la más alta (100°C).

Como ya se sabe, existe una relación directa entre la temperatura de ebullición y la presión; es decir, el punto de ebullición se modifica al cambiar la presión. Si se selecciona una presión conocida, se llega a una temperatura deseada. Qué presión seleccionar, es lo que provoca que surjan muchos argumentos entre los diseñadores de evaporadores y compresores. Para que opere eficientemente un compresor (pero no necesariamente el sistema completo), es deseable tener en el evaporador la presión más alta posible. Para los

diseñadores de evaporadores, lo más deseable es que operen a la presión más baja posible, para aprovechar al máximo la unidad con un mínimo de tamaño y costo. Así que, para ambos, la presión adecuada para la ebullición del refrigerante, es un punto en el cual es necesario transigir. Si el evaporador es muy grande, la temperatura estará arriba de la normal; si el evaporador es muy pequeño, la temperatura estará abajo de la normal.

El evaporador debe tener una temperatura más baja, que la que se desea tener en el espacio refrigerado (se necesita una diferencia de temperaturas para que exista el flujo de calor).

Normalmente, cuando el sistema está en operación, la temperatura de ebullición del refrigerante líquido dentro del evaporador, es aproximadamente 6°C más baja que la temperatura del evaporador. En los ciclos de paro, el refrigerante y el evaporador igualarán sus temperaturas.

Como una guía práctica, se debe observar la tabla 12.6, en la que se dan a conocer algunas temperaturas de ebullición para varias aplicaciones:

Otra temperatura a considerar cuando se selecciona un refrigerante, es la temperatura crítica, sobre todo para el diseño del condensador, ya que ningún vapor se condensa a una temperatura mayor de la crítica, aunque la presión sea muy grande. En el caso de condensadores enfriados por aire, es conveniente que el refrigerante tenga una temperatura crítica mayor de 55°C. Como se puede ver en la tabla 12.5, todos los refrigerantes tienen temperaturas críticas arriba de 70°C, a excepción del R-170 (etano), que es de 32.3°C; por lo que, éste refrigerante no puede utilizarse en condensadores enfriados por aire, ya que la temperatura de condensación estaría siempre por arriba de la crítica.

Por otra parte, la temperatura de congelación de un refrigerante, debe ser más baja que la temperatura del evaporador. No se puede utilizar un refrigerante que se congele a la temperatura de trabajo del evaporador. Aunque esto no representa un problema, ya que la mayoría de los refrigerantes tienen temperaturas de congelación muy bajas, como se puede observar en la figura 12.5. La excepción es el R-718 (agua), la cual nunca se utiliza en el mecanismo de un ciclo de refrigeración por compresión.

4.4.5-Refrigerantes históricamente más comunes

Los refrigerantes más comunes, empleados tradicionalmente en refrigeración se mencionan a continuación:

R11 [CFC11], (punto de evaporación 23,8°C), empleado en chillers centrífugos y como agente espumante. **SAO**, cuya producción y empleo está actualmente siendo eliminado progresivamente.

R12 [CFC12], (punto de evaporación - 29,8°C), se le ha empleado desde su desarrollo en una amplia variedad de sistemas de refrigeración y A/A; conocido como: Forane 12, Isotrón 12, Genetrón 12, Freón 12 o simplemente refrigerante F12; **SAO**, cuya producción y empleo está actualmente siendo eliminado progresivamente.

R22 [HCFC22], (punto de evaporación -40,8°C), empleado en A/A residencial. Si bien su **PAO** es menor que el de los CFC, su producción y empleo comenzará a reducirse a partir de 2016 y eliminada después de 2040.

R502 [mezcla azeotrópica de R22 (48,8%) y R115 (51,2%)], (punto de evaporación -45,4°C), empleado en refrigeración industrial de baja temperatura. Ya casi no se lo utiliza debido a su escasez. Ha sido sustituido por otras mezclas con menor **PAO**.

R717 [NH₃], amoníaco, (punto de evaporación - 33°C) se ha usado desde un principio en una amplia gama de aparatos y sistemas de refrigeración y recientemente se le sigue empleando en grandes instalaciones industriales y comerciales. Es tóxico, de acción corrosiva sobre las partes de cobre, zinc o sellos que contengan estos metales; tiene elevado calor latente de evaporación, y relación de presiónvolumen específico, convenientes.

R744, [CO₂] dióxido de carbono, (punto de evaporación -78.5°C) fue usado mucho tiempo como refrigerante seguro; la exposición en recintos cerrados no es peligrosa a bajas concentraciones, pero tiene el inconveniente de requerir elevadas presiones.

R764, [SO₂] dióxido de azufre, (punto de evaporación -10°C) sólo se usó en pequeños equipos de refrigeración. Es muy irritante y corrosivo y su uso en grandes instalaciones resulta peligroso. Por tal razón su uso fue discontinuado.

R40, [CH₃Cl] cloruro de metilo, también conocido como clorometano o monoclorometano, (punto de evaporación -23.8°C) fue usado en unidades de aire acondicionado pequeñas y medianas. Es altamente inflamable (temperatura de ignición 632°C), de uso altamente peligroso, anestésico en

concentraciones del 5 al 10% por volumen y fue reemplazado por los CFC y HCFC. Pequeñas cantidades de humedad en el sistema producen congelamiento en la válvula de expansión.

4.4.6-Tipo de gases refrigerantes y nomenclatura

4.4.6.1 Refrigerantes halogenados

Llamados así por contener en su estructura molecular átomos de cloro, flúor o ambos. Sustituyeron a la mayor parte de los refrigerantes, tales como el amoníaco [**NH₃**], el anhídrido carbónico [**CO₂**], El dióxido de azufre [**SO₂**], el cloruro de metilo [**CICH₃**], el dicloroetano [**C₂H₄Cl₂**], cuando su aplicación cumplía los requerimientos del diseño del equipo, tanto en temperaturas como presiones.

Son químicamente estables, de baja toxicidad, con características térmicas muy buenas y hasta los años 70 fueron considerados ideales para la refrigeración; cuando las investigaciones sobre el daño a la capa de ozono, los hicieron sospechosos de participar en el proceso de degradación del ozono estratosférico que protege al planeta contra la radiación UV B proveniente del sol. Hoy en día esas hipótesis han sido científicamente comprobadas. Son derivados halogenados de los hidrocarburos, muy estables a nivel troposférico, pero que se descomponen en la estratosfera como resultado de la acción combinada de la baja temperatura y la radiación ultravioleta (especialmente en el casquete polar antártico). Dada la importancia de su rol, a partir de su invención (década de 1930) en el avance de la industria de la refrigeración y hasta nuestros días, nos detendremos a analizar cuidadosamente su influencia tanto en la industria como en el ambiente. Los refrigerantes basados en hidrocarburos halogenados se designan con una letra "**R**" seguida de tres números que indican:

“El primero, el número de **átomos de carbono menos 1**.

“El segundo, el número de **átomos de hidrógeno más 1**.

“El tercero, el número de **átomos de flúor**

Los refrigerantes halogenados más comunes son clorofluorocarbonos, hidroclorofluorocarbonos e hidrofurocarbonos.

4.4.6.2-Clorofluorocarbonos [CFC]

R12 (CFC12), nomenclatura científica: diclorodifluorometano [**CFI₂CI₂**], fue sintetizado en 1928 por científicos de una transnacional automotriz iniciando su producción en 1936. Fue ampliamente utilizado en casi todos los equipos de refrigeración doméstica y aire acondicionado de vehículos. Aún es muy popular en los servicios de reparación y justamente por lo extensivo de su empleo, los instructores y técnicos deben cerciorarse de que los participantes en los talleres de capacitación sobre **BPR** asimilen los conocimientos necesarios para evitar descargar voluntariamente al aire los refrigerantes puros o contaminados de los equipos en servicio o mantenimiento. Su **Potencial de Agotamiento del Ozono [PAO]** es igual a 1 para el Protocolo de Montreal, valor igual al del **CFC11**, que fuera establecido como referencia para la medición relativa de todas las SAO. Otras entidades consideran que el valor es 0,82. **Otros CFC**, igualmente importantes por su uso en la industria son: **CFC11**, **CFC113**, **CFC114**, **CFC115**; todos ellos con elevado **PAO** (entre 0.8 y 1), con características de **Vida Media Atmosférica [VMA]** tan alta como 50 años de permanencia para el **CFC11**, 102 años para el **CFC12** y 85 años para el **CFC113**. Estos gases han sido utilizados como espumantes, propelentes de aerosoles, limpiadores en electricidad y otras muchas aplicaciones.

4.4.6.3-Hidroclorofluorocarbonos [HCFC]

R22 (HCFC22), nomenclatura científica: monoclorodifluorometano [**CHCIFI₂**], Se comenzó a fabricar en 1936, tiene un potencial de destrucción del ozono [**PAO**] de 0,055. Es utilizado en sustitución del amoníaco, especialmente en aire acondicionado y refrigeración comercial. Su bajo **PAO**, 18 veces menor al **CFC12** y seis veces menor al **R502** (0,32), ha hecho que se le considere para sustituirlos en ocasiones cuando sea posible su aplicación como refrigerante de transición, pero también **dejará de fabricarse a partir del 1º de enero de 2014 en la Unión Europea y el 1º de enero de 2040 en los países firmantes del Protocolo de Montreal**

HCFC123 fue considerado sustituto ideal del **CFC11** en refrigeración (enfriadores), pero las características de alta toxicidad lo han relegado a aplicaciones de aire acondicionado central (compresores centrífugos).

4.4.7- Mezclas

Pueden contener dos o más refrigerantes y pueden ser zeotrópicas o azeotrópicas.

4.4.7.1 Mezclas zeotrópicas

Se identifican por **un número de tres cifras que comienza con la cifra "4"**, seguido de una letra para diferenciar diversas proporciones de mezcla de las mismas sustancias químicas, como por ejemplo:

R401A, R401B.

Están formadas por dos o más sustancias simples o puras, que al mezclarse en las cantidades preestablecidas generan una nueva sustancia la cual tiene temperaturas de ebullición y condensación variables. Para estas mezclas se definen el punto de burbuja como la temperatura a la cual se inicia la evaporación y el punto de rocío como la temperatura a la cual se inicia la condensación. También se requieren definir otras características como el Fraccionamiento, que es el cambio en la composición de la mezcla cuando ésta cambia de líquido a vapor (evaporación) o de vapor a líquido (condensación), y el deslizamiento de la temperatura, que es el cambio de temperatura durante la evaporación debido al fraccionamiento de la mezcla. Estas mezclas aceptan lubricantes minerales, Alquibenceno o polioléster, según los casos, facilitando enormemente el retrofit; ejemplos: **R404A, R407A, R407B, R407C, R410A, R410B.**

Las mezclas zeotrópicas **deben ser cargadas en su fase de líquido** en razón de la tendencia de fraccionamiento en estado de reposo. Cuando se requiere cargar en estado de vapor, debe recurrirse a emplear un dispositivo intermedio de trasvase.

4.4.7.2- Mezclas azeotrópicas

Se identifican por un número de tres cifras que comienza con la cifra "5", como por ejemplo: R502, R500, R503. Están formadas por dos o más sustancias simples o puras que tienen un punto de ebullición constante y se comportan como una sustancia pura (ver cuadro de refrigerantes), logrando con ellas características distintas de las sustancias que las componen, pero mejores. El R502 es una mezcla azeotrópica de HCFC22 (48.8%) y CFC115 (51.1%). Ideal para bajas temperaturas (túneles de congelamiento, cámaras frigoríficas y transporte de sustancias congeladas). Posee cualidades superiores al HCFC22 para ese rango de trabajo. Posee un PAO de 0,32 pero tiene más elevado potencial de calentamiento global (PCG) igual a (5,1). La dificultad para conseguir CFC115 ha dificultado su producción y facilitado la introducción de mezclas sustitutivas, de entre las cuales la más adoptada hasta ahora ha sido R404A.

4.3.7.3 Hidrocarburos y compuestos inorgánicos

Basados en hidrocarburos saturados o insaturados, los cuales pueden ser usados como refrigerantes solos o en mezclas. Ejemplo: etano, propano, isobutano, propileno y sustancias inorgánicas naturales. Las sustancias inorgánicas naturales han sido conocidas y su utilización se redujo con la aparición de las sustancias halogenadas.

4.4-CAUSAS Y EFECTOS DE LA DESTRUCCIÓN DEL OZONO ESTRATOSFÉRICO POR LOS GASES REFRIGERANTES

La capa de ozono ubicada en la estratosfera, se extiende entre los 15 y los 45 Km por encima de la superficie del planeta. Como su nombre lo indica, esta capa es rica en ozono que absorbe los rayos ultravioleta del sol, impidiendo su paso a la Tierra. El ozono es una forma de oxígeno cuya molécula tiene tres átomos, en vez de los dos del oxígeno normal, convirtiéndose en una sustancia muy reactiva e inestable, tóxica aún inhalada en pequeñas cantidades durante períodos cortos. En la estratosfera, el ozono se forma a partir del oxígeno del aire en presencia de la radiación ultravioleta b; ambos, oxígeno y ozono se mantienen en un equilibrio dinámico en el cual el ozono se forma y se destruye continuamente, siendo la formación mas rápida que la destrucción, por lo cual el ozono tiende a acumularse, alcanzando concentraciones de hasta 10ppm. Si el ozono estratosférico no logra formarse o se destruye disminuyendo su concentración, la luz ultravioleta no sería absorbida y llegaría a la superficie, causando un efecto letal sobre todos los seres vivos. En la troposfera, el ozono se origina en pequeñas cantidades durante las tormentas eléctricas; pero a nivel del suelo, el ozono es un contaminante atmosférico que se forma a partir de la reacción de las emisiones de los vehículos con otros contaminantes del aire, formando una mezcla nociva para la salud conocida como "smog fotoquímico", típica de ciudades muy contaminadas como Los Ángeles y Ciudad de México; las concentraciones de ozono superiores a 0,1ppm son peligrosas para la salud, plantas y animales. La capa de ozono protege la vida del planeta de la radiación ultravioleta del sol; esta radiación tiene una longitud de onda menor que la de la luz visible, pero mayor que los rayos X. Dentro de este espectro se pueden distinguir tres tipos de radiación ultravioleta:

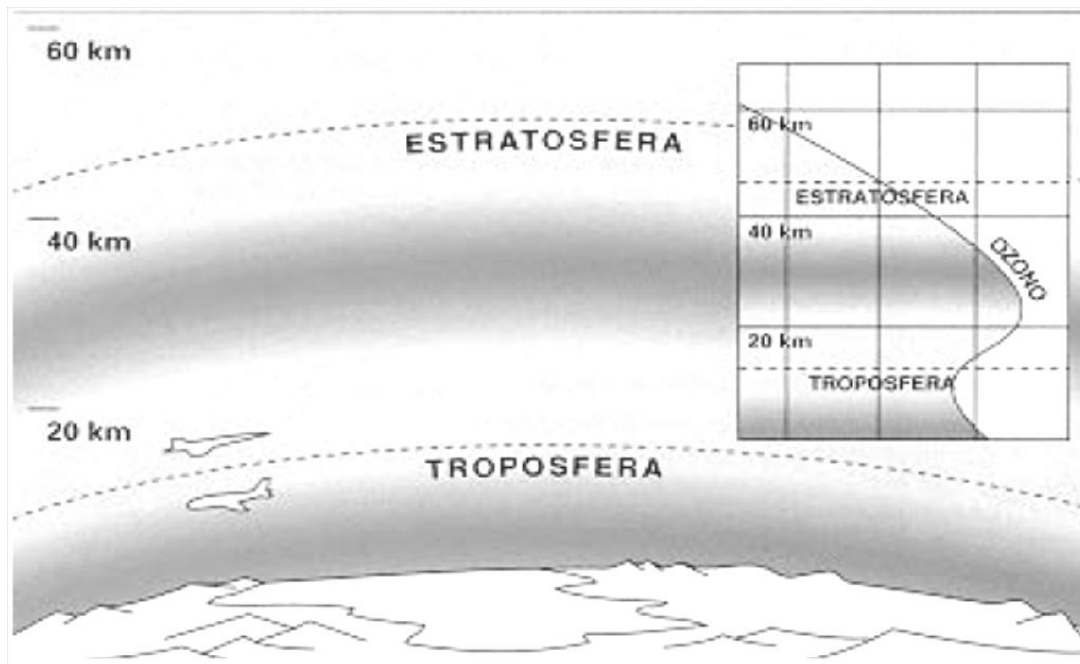
Radiación ultravioleta A [UV-A], la mas cercana al color violeta de la luz visible, pasa en su totalidad a través de la atmósfera y llega a la superficie; es relativamente inofensiva, la emplean las plantas para realizar la fotosíntesis y contribuye en pequeñas dosis a fijar la vitamina A; sin embargo en exposiciones prolongadas puede ser dañina.

Radiación ultravioleta C [UV-C], la de menor longitud de onda y mas cercana a los rayos X, letal para la vida tal cual la conocemos, es totalmente absorbida por encima de la estratosfera, en la ionosfera.

Radiación ultravioleta B [UV-B], tiene una longitud de onda intermedia entre las dos anteriores, aunque es menos letal que la C, es también peligrosa aún en cantidades pequeñas, pues produce cáncer de piel, cataratas y otros daños en la vista, afecta el sistema inmunológico, y todas las formas de vida: microbios, algas, hongos, plantas, invertebrados y vertebrados; normalmente

es totalmente absorbida por la capa de ozono. En 1974, dos químicos de la Universidad de California: Sherwood Rowland y Mario Molina,

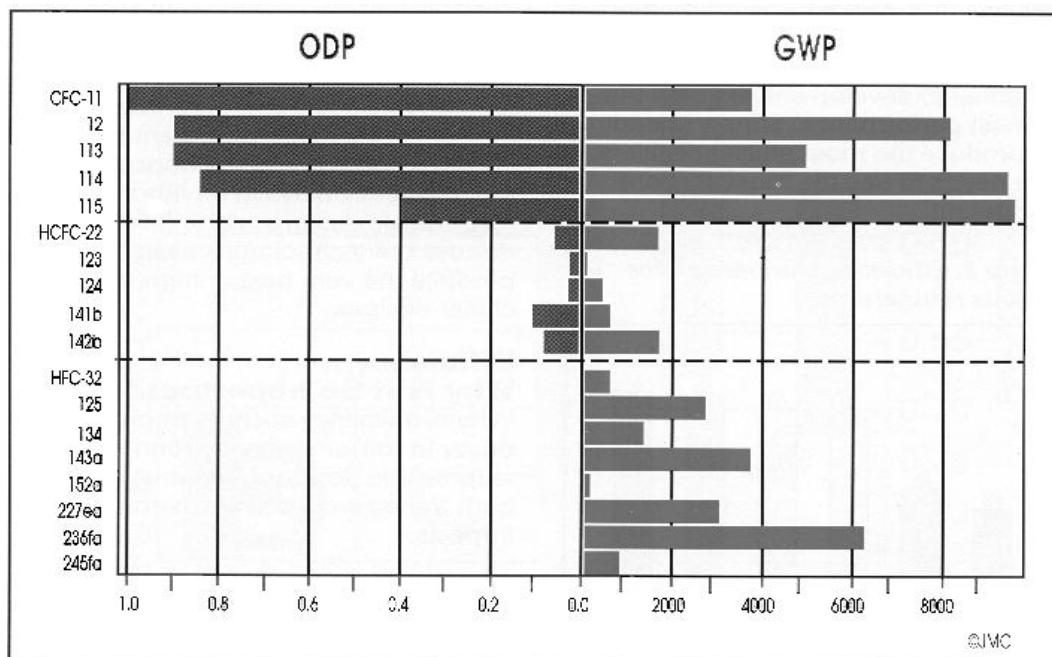
plantearon la hipótesis de que la acumulación en la atmósfera de **CFC**, en presencia de radiación ultravioleta, podía desencadenar la destrucción del ozono estratosférico. Posteriormente, en la primavera austral de 1985 se comprobó que la capa de ozono sobre la Antártida había desaparecido en más del 50%. Así mismo, hacia finales de la década del 80 se había comprobado que efectivamente la destrucción de la capa de ozono se debía a la presencia en la estratosfera de CFC, HCFC, y Halones, que liberan sus átomos de cloro y bromo por efecto de la radiación ultravioleta B, estos átomos reaccionan con el ozono y lo destruyen, comprobándose totalmente la hipótesis de Molina y Rowland, que les hizo merecedores del Premio Nóbel de Química en 1995. Este efecto devastador sobre la capa de ozono es causado por los CFC, tales como R11, R12 y R502 (que contiene CFC115), por los Halones extintores de incendio y en menor grado por los HCFC como el R22 y el R123. Todos estos productos al ser liberados a la atmósfera, dado que son muy estables y permanecen intactos decenas de años, pueden ser transportados por las corrientes de aire, desde el hemisferio norte hasta el Polo Sur y desde la superficie hasta la estratosfera, donde son vulnerables a la luz ultravioleta, descomponiéndose y liberando cloro el cual inicia el ciclo de destrucción del ozono. Cada átomo de cloro que se libera puede destruir hasta 10.000 moléculas de ozono. Este ciclo destructivo se presenta al comienzo de la primavera, una vez finalizada la fase de oscuridad invernal, pero es justamente durante el periodo invernal que los vientos y las bajas temperaturas favorecen la acumulación de compuestos intermedios de cloro y bromo, hasta la llegada del sol en la primavera, cuando comienza la gran destrucción de ozono. Se estima que si se cumple cabalmente el calendario de eliminación de los CFC establecido en el Protocolo de Montreal y sus Enmiendas, la capa de ozono estará restableciéndose a partir del 2040, pero las trazas de CFC permanecerán en la atmósfera muchísimos años más. Es por lo tanto vital que reduzcamos al mínimo y sin demora, las emisiones de sustancias agotadoras del ozono.

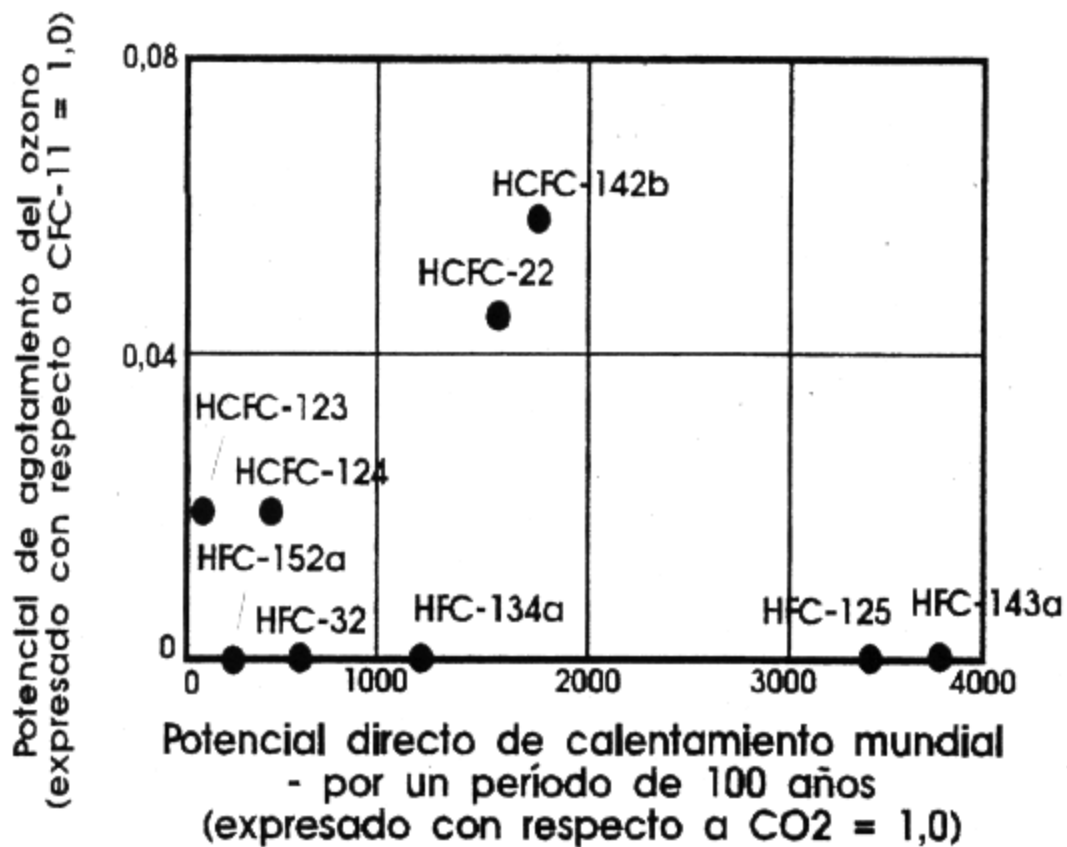


Perfil de la concentración de ozono [O₃] en la atmósfera.

4.5.1- Efectos de algunos refrigerantes sobre la capa de ozono y el calentamiento global.

En el gráfico puede observarse el potencial de agotamiento del ozono estratosférico y el potencial de calentamiento global de algunas sustancias empleadas como refrigerantes.





PAO versus PCG para algunos refrigerantes comunes.

4.5.2- Sustitutos transitorios

En cumplimiento de los acuerdos suscritos en el Protocolo de Montreal, los fabricantes de refrigerantes y demás **SAO** han lanzado al mercado alternativas equivalentes que sustituyen a todas esas sustancias y en ese sentido han desarrollado nuevos productos, que hasta el momento no es posible afirmar si permanecerán como definitivos o solo serán utilizados temporalmente mientras se desarrollan otras alternativas que satisfagan más ampliamente las condiciones ambientales, de seguridad y económicas.

R134a. Es un refrigerante **HFC** identificado químicamente como **CF₃CH₂F**, no es inflamable y posee niveles de toxicidad aceptables. Entre todos los sustitutos desarrollados el **R134a** ha sido aceptado en un amplio rango de aplicaciones puesto que su rendimiento termodinámico es equivalente al del **R12** cuando la temperatura de evaporación es de -2°C. Sin embargo, cuando la temperatura desciende hasta -18°C, el rendimiento aminora proporcionalmente, llegando a ser 6% inferior y cuando la temperatura se ubica en 10°C el

rendimiento aumenta igualmente hasta en un 6%, lo cual hace que su empleo como sustituto no sea ideal en todos los casos, habiéndose desarrollado mezclas que operan mejor en condiciones de trabajo de baja temperatura de evaporación, que es donde el **R134a** no se comporta aceptablemente. Este es un compuesto halogenado sin átomos de cloro [Cl] pero si de flúor [F]. Podemos apreciar en el gráfico que el **R134a** tiene un **PAO** igual a 0 pero su potencial de calentamiento global **PCG** es **1300**. Esta es la razón por la cual no se le puede considerar un gas ideal para reemplazar definitivamente al **R12**. Su empleo requiere tener en cuenta ciertas características que le son propias y lo diferencian de alguna manera en su aplicación con relación al **R12** que sustituye.

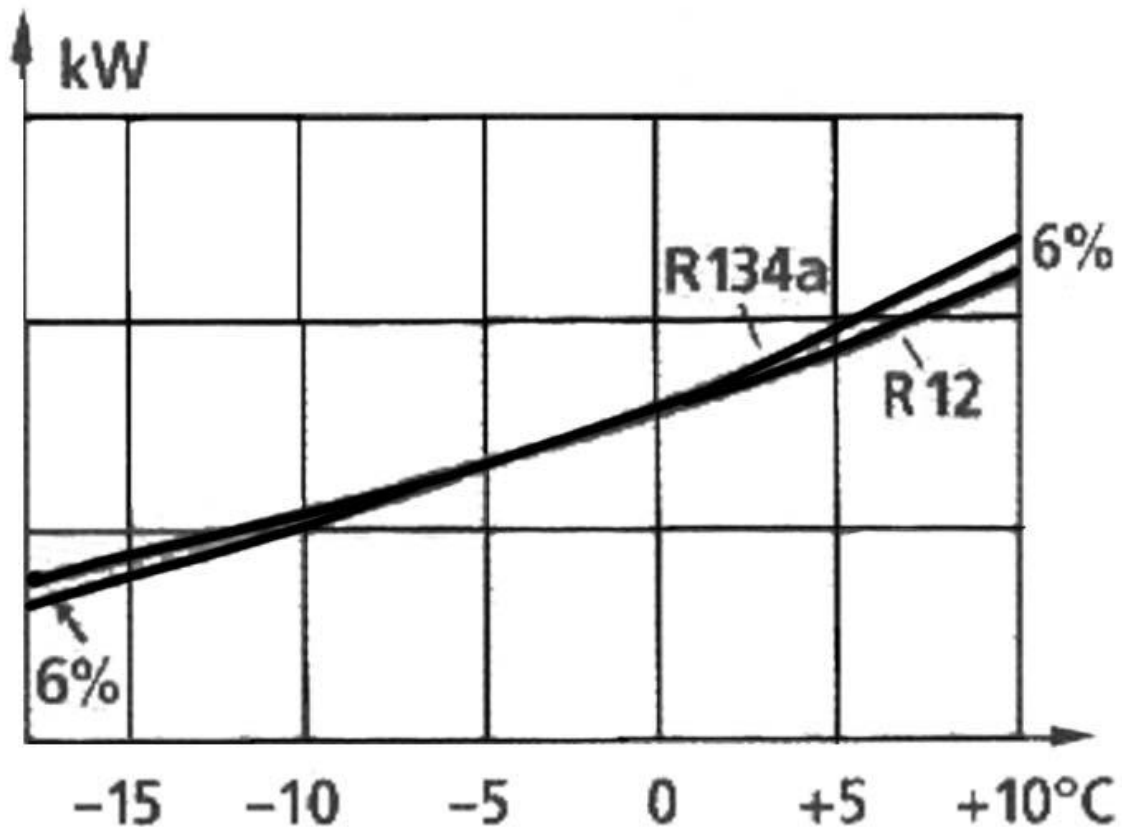


Gráfico IV-d - Esquema comparativo de rendimiento entre R12 Y R134a.

Tanto el **HFC134a** como el **HCFC22**, en condiciones de exposición a humedad, absorben mayor cantidad de agua en estado líquido (son más higroscópicos) que el **CFC12**; por tal razón será menos probable que se tapone un capilar en un sistema de baja temperatura, **pero** esto no reduce la necesidad de usar un dispositivo de secado apropiado, pues la humedad atrapada en el refrigerante, reacciona químicamente con este produciendo ácido fluorhídrico, cuyo efecto corrosivo sobre los metales es altamente dañino para el sistema. La selección

de los tubos capilares debe ajustarse al nuevo gas, pues el **HFC134a** tiene un efecto refrigerante mayor que **CFC12**, reduciendo la masa necesaria para la misma aplicación, por lo tanto se debe, o aumentar la longitud, o reducir el diámetro interno (lo que depende de la disponibilidad de diámetros de capilares en existencia; una vez tomada esta decisión se ajusta la longitud necesaria hasta encontrar el punto de equilibrio del sistema); siendo siempre necesario hacer evaluaciones posteriores con el sistema en funcionamiento para verificar presiones y temperaturas para la carga de refrigerante especificada.

Refrigerante		CFC12	HFC134 a	HFC22
Fórmula química		CCl ₂ F ₂	CF ₃ CH ₂ F	CHClF ₂
Presión de evaporación	PSIG	11,8	9,1	28,2
	BAR	0,814	0,627	1,944
Presión de condensación	PSIG	93,3	97	158,2
	BAR	6,432	6,688	10,908
Densidad de vapor saturado a -15°C	[Kg/m ³]	10,987	8,214	12,936
Densidad de líquido saturado a 30°C	[Kg/m ³]	1292,69	1190,17	1174,16
Calor latente de vaporización a -15°C	[Kcal/kg]	37,813	49,512	51,674

Tabla comparativa de propiedades de R12, R134a y R22 a temperatura de evaporación de -15°C y temperatura de condensación de 30°C (MI)

Miscibilidad: Es la capacidad de un lubricante de mezclarse con un refrigerante. Esta propiedad es muy importante para garantizar el retorno del aceite al compresor.

El HFC134a y los aceites minerales no son miscibles. Por esta razón se han desarrollado nuevos lubricantes que se adapten a esta exigencia. Los poliolésteres (**POE**) y los polialquilglicoles (**PAG**) son miscibles con este refrigerante. Algunos tipos de **POE** son completamente miscibles con **R134a**, tal como lo es el alquilbenceno con el **R22**, mientras que otros **POE** son parcialmente miscibles.

Los lubricantes POE tienen una capacidad higroscópica 100 veces mayor que los aceites minerales, siendo esta humedad más difícil de remover. Por esta razón los compresores cargados con aceites POE no deben ser expuestos a la atmósfera por más de 15 minutos, recomendándose mantener taponados los compresores que contengan POE hasta justo el momento de hacer las soldaduras a los tubos del sistema sellado. La humedad máxima admisible es de 100 PPM. Los filtros secadores recomendados son los compatibles con **R22** como XH-7 y XH-9. Los filtros con núcleo de bauxita tienen la tendencia a

absorber el POE y la humedad, con el consiguiente proceso de hidrólisis para formar ácidos, lo cual finalmente afectará al compresor.

Los refrigerantes HFC no son tan tolerantes a los materiales de proceso de fabricación de los componentes del sistema (inhibidores de corrosión y limpiadores) como el **CFC12**, siendo arrastrados por el **POE** en el sistema hasta el tubo capilar o la válvula de expansión taponándolos. Los fabricantes de compresores han hallado que la presencia de cloro en sistemas cargados con **R134a** genera reacciones químicas indeseables de modo que todo residuo clorado en el sistema se considera contaminante y debe ser eliminado. Para evacuar un sistema que utilice **HFC134a** se deben tomar varias precauciones:

- Los equipos y uniones que se utilizan deben ser estrictamente para **HFC134a**.
- El vacío debe hacerse tanto por el lado de baja como por alta con vacío profundo hasta 200 micrones o menos.
- El máximo de gases no condensables [GNC] permisibles en el sistema es del 2%. Para cargar el **HFC134a** se puede hacer en fase líquida (lado de alta) o de vapor (lado de baja), en este último caso, mientras el compresor está funcionando. En caso de carga en fase líquida por alta, siempre se debe permitir el paso de algo de refrigerante al lado de baja (succión del compresor) en fase de vapor antes de arrancar el compresor.

5-Metodología

Fuentes primarias

Como primer método utilizado fue la observación del problema y como nuestro entorno se ve afectado por la poca responsabilidad y conciencia que tiene las personas con los manejo de compuestos que afectan nuestro medio ambiente

Fuentes secundarias

La investigación y la resolución de dudas mediante la consulta de libros, internet y personas que poseen conocimientos acerca del problema que estamos investigando como lo son los gases refrigerantes y como crear un prototipo para el manejo responsable de dichos gases

ELEMENTOS EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCION DE LA RECUPERADORA DE GAS REFRIGERANTE PARA EL LABORATORIO DEL PASCUAL BRAVO

A continuación describiremos cada uno de los elementos empleados en la construcción de nuestra recuperadora de gas refrigerante, cada descripción ira acompañada de su respectiva fotografía para tener mas claridad de los elementos empleados:

-Motor compresor marca danfoss de 1/3 HP

Especificaciones técnicas

1/3 hp 3 tubos
R134a
115 vac
60 Hz



-Kit de arranque de motor compresor de 1/3 HP

Relé de 1/3 hp

Térmico de 1/3 hp

Capacitor de 360 mfd



Estos elementos son los que nos permiten el arranque y la protección de el motor de 1/3 HP

-arrancador directo (on-off)a 110 vac



Nos permite dar el arranque y paros de emergencia de la recuperadora de gas refrigerante

-motor ventilador a 110 vac



Es el encargado de reducir la temperatura a la hora de la recuperación del gas mientras esta en el área de condensación

-condensador



El encargado de condensar el gas, esto se hace con el fin de reducir la temperatura y hacer posible la extracción del gas

-filtro molecular



Es el encargado de retener las partículas de limalla y humedades que se encuentran en el sistema, este filtro será desmontable y se cambiara cada cierta cantidad de veces que se ha usado la recuperadora de gas refrigerante

-válvula pin-off



Esta válvula es la que nos permite tener acceso al sistema tanto de recuperación como a la maquina que se le va hacer la extracción del gas refrigerante, con esta válvula estamos exentos de que tanto la recuperadora como el sistema de donde se va a recuperar el gas se vea afectado con el medio ambiente

-manómetros en baja y alta presión



manómetro en baja presión



manómetro en alta presión

los manómetros son los encargados de mostrarnos las presiones que se manejan.

Manómetro en baja: nos muestra la presión que se maneja por la parte de succión de la máquina.

Manómetro en alta: nos muestra la presión que se maneja por la parte de expulsión de la recuperadora de gas refrigerante

-recipiente de recuperación del gas refrigerante



En este cilindro se depositara el gas recuperado para después verificar si es reutilizable el gas o tendrá que ser destruido

-elementos de acople y tubería de cobre

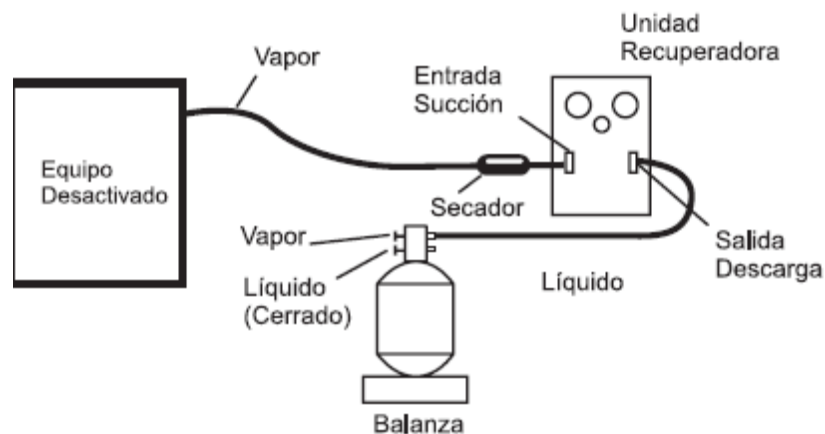


Modo de empleo de la maquina recuperadora de gas refrigerante para el laboratorio de refrigeración del tecnológico pascual bravo

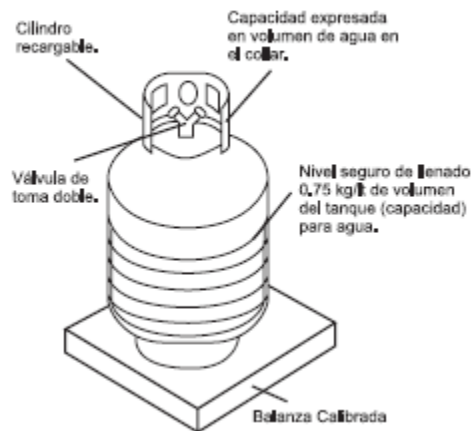
Recuperación de vapor de refrigerante de un sistema

Teniendo construida la maquina recuperadora de gas refrigerante, el proceso que se debe emplear para la correcta utilización y extracción del gas es el siguiente :

Se conecta el lado de succión del prototipo al sistema de donde se va a recuperar el gas refrigerante, esto se hace con unos manómetros externos. Después conectamos con otra manguera con su respectivo acople al recipiente receptor, verificamos la presión tanto como en el manómetro externo como en el manómetro de baja presión de nuestro prototipo. Como muestra la imagen.



Después de haber verificado las presiones procedemos a encender nuestro prototipo y debemos estar en constante verificación de las presiones que hay en el sistema, para tener presente cuando ha terminado el proceso, el recipiente donde se va a recuperar el gas es recomendable mantenerlo frio para que el gas refrigerante se adapte mejor a dicho cilindro.



El proceso habrá concluido cuando las presiones de baja sean las mínimas y estimamos que el gas refrigerante se recuperara es en un 90%. Reduciendo el impacto que puede tener cuando es liberado al ozono en su totalidad.

Procedimiento para el Reproceso del Refrigerante

Como se definió anteriormente, reprocesar un refrigerante, es llevarlo a las especificaciones originales de producción, verificándolo mediante análisis químicos. Para poder llevar esto a cabo, ésta máquina debe cumplir con las normas SAE y remover 100% la humedad y partículas de aceite. Muchas máquinas de recuperación / reciclado, no pueden garantizar que el refrigerante será restaurado a sus especificaciones originales. Una estación de reciclado para el sitio de trabajo, deberá ser capaz de remover el aceite, ácido, humedad, contaminantes sólidos y aire, para poder limpiar el refrigerante utilizado. Este tipo de unidades las hay disponibles para usarse con Refrigerantes R-12, R-22, R-500 y R-502, y están diseñadas para el uso continuo que requiere un procedimiento prolongado de recuperación / reciclado. Este tipo de sistema puede describirse mejor como sigue:

1. El refrigerante es aceptado en el sistema, ya sea como vapor o líquido.
2. El refrigerante hierve violentamente a una temperatura alta, y bajo una presión *extremadamente alta*.
3. El refrigerante entra entonces a una cámara separadora grande única, donde la velocidad es reducida radicalmente. Esto permite que el vapor a alta temperatura suba. Durante esta fase, los contaminantes tales como las partículas de cobre, carbón, aceite, ácido y todos los demás, caen al fondo del separador para ser removidos durante la operación de "salida del aceite".
4. El vapor destilado pasa al condensador enfriado por aire, donde es convertido a líquido.
5. El líquido pasa hacia la cámara de almacenamiento. Dentro de la cámara, un ensamble de evaporador disminuye la temperatura del líquido, de aproximadamente 38°C, a una temperatura subenfriada de entre 3° y 4°C.

6. En este circuito, un filtro deshidratador recargable remueve la humedad, al mismo tiempo que continúa el proceso de limpieza para remover los contaminantes microscópicos.

7. Enfriar el refrigerante también facilita transferirlo a cualquier cilindro externo, aunque esté a la temperatura ambiente. Muchos fabricantes de refrigerante y otros, han dispuesto servicios de recuperación / reproceso de refrigerante, que ofrece a los técnicos de recuperación y aire acondicionado, una forma de deshacerse del refrigerante usado y obtener reemplazos puros como los necesiten. El técnico de servicio debe usar cilindros retornables aprobados, con etiquetas adecuadas. Los cilindros normales son de una capacidad aproximada de 45 kg. de refrigerante usado y aceite, aunque otros contenedores andarán en el rango de 18 kg hasta 1 tonelada.

La máquina de aire comprimido de desplazamiento positivo, remueve tanto líquido como vapor. El refrigerante es reprocesado a las especificaciones de pureza designadas. En instalaciones comerciales de gran tamaño, al técnico de servicio se le proporcionan cilindros muestra que son

regresados a un centro de reproceso. Esto es a fin de obtener análisis de contaminantes de refrigerante, antes de su evacuación.

Una vez aprobado para reprocesarlo, el refrigerante es removido. Los técnicos llevan entonces el refrigerante al centro de servicio, donde es embarcado a la compañía y procesado de conformidad, para regresarlo para venta futura como refrigerante usado.

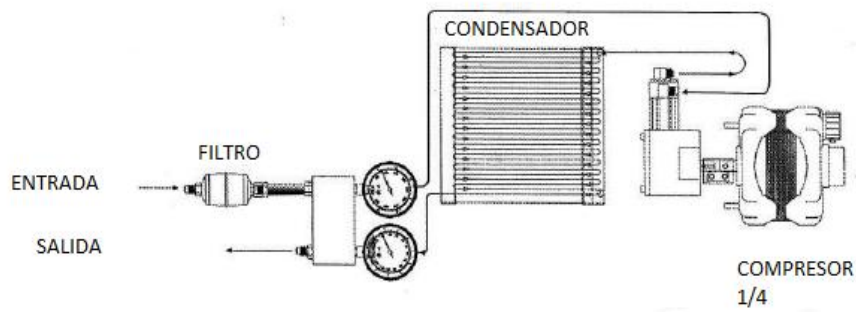
El reproceso puede utilizarse

para refrigerantes de baja (R-11 y R-113) y de alta presión (R-12, R-22, R-114, R-500 Y R-502).

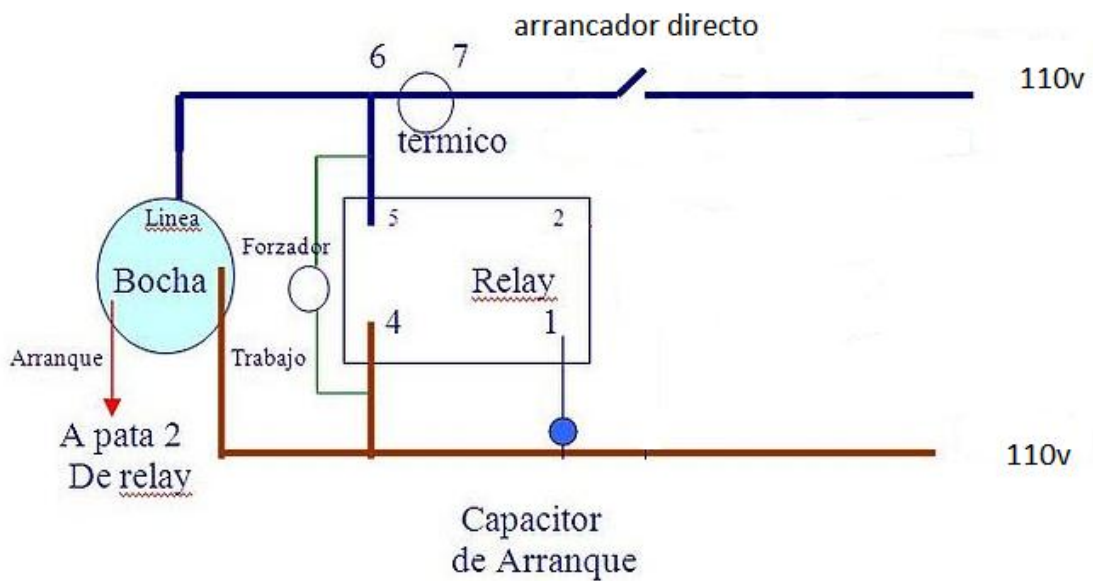
Las normas de cada compañía varían con respecto al tipo de recipiente usado, para transportar el refrigerante del área de servicio al fabricante. Algunos aceptan cantidades mínimas de 200 lts, 38 lts, etc. Cada fabricante tiene su propio procedimiento, mismo que debe seguirse, y cada compañía requiere de cierto número de documentos. Las compañías de reproceso también proporcionan soluciones para el desecho de refrigerantes no deseados. El desecho de refrigerantes sólo se puede llevar a cabo por incineración a 650°C. Actualmente existen aproximadamente 5 plantas en los Estados Unidos, que pueden realizar esto.



ESQUEMA MECANICO DE LA RECUPERADORA DE GAS REFRIGERANTE DEL PASCUAL BRAVO



ESQUEMA ELETRICO DE LA RECUPERADORA DE GAS REFRIGERANTE DEL PASCUAL BRAVO



6-Conclusiones

Los sistemas de recuperación deben ser a la hora de realizar cualquier reparación, para así evitar la destrucción de nuestra capa de ozono.

Se debe enseñar cómo se puede implementar dicho prototipo, para que las personas tomen conciencia de por qué se debe usar y las consecuencias de no hacerlo con respecto al ambiente

Este tipo de sistemas a la hora de la construcción generar muchos gastos y por este motivo muchas empresas y trabajadores independientes se ven obligados a manejar este tipo de gases que son contaminantes de una forma poco adecuada, por eso nos vemos obligados a generar conciencia y aportar desde nuestro saber tecnológico la correcta aplicación y utilización de este tipo de compuestos

El proyecto lo realizamos con el fin de crear un prototipo fácil de utilizar y de bajos costos para que muchos técnicos lo tomen como base y construyan su propia recuperadora de gas refrigerante

Con la construcción de este prototipo queremos diezmar el impacto ambiental que los compuestos clorofluorocarbonados tienen en el ambiente, aportando nuestro granito de arena para reducir el daño que tiene en la capa de ozono

Muchas máquinas son diseñadas para llevar a cabo este proceso usando cilindros para refrigerante normales. Algunas unidades de transferencia pequeñas, utilizan cilindros de recuperación especiales, que permiten al técnico remover refrigerante líquido y vapor.

Las máquinas de recuperación también pueden producir contaminantes cruzados, a partir de los vacíos que habitualmente propone la EPA (Agencia de Protección Ambiental). Debido a las muchas uniones mecánicas y vibraciones a las que están expuestas las máquinas de R y R, existe la posibilidad de fugas. Esto succionará humedad y aire, afectando directamente la pureza del aceite dentro del compresor de la máquina, dando como resultado una potencial contaminación en el tanque. El lado de baja de la máquina, nunca deberá trabajarse en vacío. Siempre deberá desviarse

una carga positiva de refrigerante del lado de alta hacia el lado de baja, para evitar que entre aire al sistema de recuperación.

Para realizar una correcta recuperación de los gases refrigerantes el recipiente donde se van a depositar dichos gases debe estar totalmente en vacío para evitar una contrapresión y así se pueda llevar a cabo dicho proceso

7-Bibliografía.

1. ARTICULO SOBRE EFECTOS DE GASES REGRIGERANTES E IMPORTANCIA DE UTILIZACION DE EQUIPOS RECUPERADORES DE GAS (REVISTA BOLA PRETA PARA LATINOAMERICA PUBLICACION n. 1448)

2. PROTOTIPO DE RECUPERACION, RECICLAJE Y REGENERACION REALIZADO POR UNIDAD TECNICA OZONO(COLOMBIA-MAUDT)

3. PROYECTO RECUPERACION DE REFRIGERANTES (DICIEMBRE 2004)PEREIRA
Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica de Pereira

4. PUEBLA ,Jorge Alberto. Manual de buenas prácticas en refrigeración, imprenta negrin central, CA (La Florida, Caracas-Venezuela)

5. REALIZACION.WIGAM S.V (ITALIA) MAYO 2002
EQUIPO DE RECUPERACION Y RECICLAJE DE SISTEMAS A/C

6. UNIVERSIDAD DE MEXICO (MEXICO D.F.)JUNIO 2004
INVESTIGACION SOBRE GASES REFRIGERANTES

7. [http/ www.forofrio.com](http://www.forofrio.com)

8. [http/ www.emersonclimatec.com](http://www.emersonclimatec.com)