

300618 14
24



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

HIDROCARBUROS HALOGENADOS EN LA
INDUSTRIA DEL AIRE ACONDICIONADO Y LA
REFRIGERACION: IMPACTO AMBIENTAL, EFECTOS
DEL CAMBIO PARA ESTE SECTOR

TRABAJO ESCRITO
VIA EDUCACION CONTINUA
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERA QUIMICA
P R E S E N T A :
ELENA DE LOURDES GONZALEZ BECERRA

UNIVERSIDAD LA SALLE
FACULTAD DE QUIMICA



MEXICO, D.F.

1993

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	PAGINA	
RESUMEN	5	
CAPITULO I	INTRODUCCION	8
	GENERALIDADES	
	1.1 Aire acondicionado y refrigeración	9
	1.2 Refrigerantes	13
CAPITULO II	LA CAPA DE OZONO ESTRATOSFERICA Y SU AFECTACION POR HIDROCARBUROS HALOGENADOS	22
	2.1 La capa de ozono estratosférica	23
	2.2 Escenarios de eliminación	
CAPITULO III	ACCIONES ENCAMINADAS A DETENER EL AGOTAMIENTO DE LA CAPA DE OZONO: PROTOCOLO	33

	DE MONTREAL	
	3.1.El Protocolo de Montreal.	34
	3.2.Regulaciones nacionales.	46
CAPITULO IV	IMPACTO GLOBAL DE LAS NUEVAS REGULACIONES EN LA INDUSTRIA DEL AIRE ACONDICIONADO Y LA REFRIGERACION	49
	4.1 La industria del aire acondicionado y la refrigeración: un cambio radical	50
	4.2 Selección de un refrigerante en equipo nuevo	53
	4.3 Consideraciones respecto a equipo existente	61
CAPITULO V	CONCLUSIONES	66
	BIBLIOGRAFIA	73

RESUMEN

Un refrigerante es cualquier sustancia capaz de absorber calor de otra, como el hielo, el agua, el aire, la salmuera, etc. Los refrigerantes halogenados fueron desarrollados en la década de 1920 y, por sus características excepcionales de estabilidad, baja toxicidad y alto efecto refrigerante, son usados ampliamente en la industria del aire acondicionado y la refrigeración, no solo como refrigerantes, sino también en la producción de espuma aislante.

La capa de ozono estratosférica se encuentra a una altitud de entre 11.26 y 45 km de la superficie terrestre (estratosfera). Se forma por el efecto de los rayos ultravioleta solares sobre las moléculas de oxígeno absorbiéndolos y dispersándolos de modo que previene que cantidades peligrosas de los mismos lleguen a la tierra. Los hidrocarburos halogenados, pese a ser muy estables a nivel troposférico, en la estratosfera tienden a descomponerse, dejando radicales libres de halógenos, como el cloro o bromo que reaccionan con el ozono de modo que este vuelve a ser oxígeno dimolecular, el cloro continúa causando reacciones en cadena de ozono a oxígeno. Se han

registrado ya importantes adelgazamientos en la capa de ozono e incluso, casi se llega a un "agujero" en la misma sobre la Antártida.

Actualmente, se están tratando de desarrollar sustancias alternativas a los CFC'S (clorofluorocarburos por sus siglas en inglés), y numerosos países han firmado el Protocolo de Montreal, documento-compromiso que consiste en reglamentaciones para lograr la reducción gradual en la producción y consumo de estos compuestos e incluso a su total desaparición.

Las nuevas reglamentaciones al respecto de los refrigerantes halogenados tienen importantes repercusiones económicas en esta industria, por lo que se requiere de un cambio de mentalidad.

Al ser el sector del aire acondicionado y la refrigeración uno de los más afectados con la futura desaparición de los hidrocarburos halogenados utilizados como refrigerantes, los cuales dieron un gran impulso a esta

industria, se debe estar actualizado en cuanto a las disposiciones al respecto, tanto para los sistemas actualmente instalados como para futuros proyectos.

CAPITULO I

I N T R O D U C C I O N

GENERALIDADES

1.1 Aire acondicionado y refrigeración

El acondicionamiento de aire es el proceso de tratar el aire de modo de controlar simultáneamente su temperatura, humedad, limpieza y distribución hasta alcanzar las condiciones requeridas para un espacio determinado.

Las aplicaciones del aire acondicionado incluyen tanto la comodidad humana como el mantenimiento de condiciones adecuadas para manufactura, proceso y preservación de material y equipo. Además, en aplicaciones industriales donde, por razones económicas u otras, las condiciones no son completamente confortables, el aire acondicionado puede usarse para mantener la eficiencia y salud de los trabajadores en niveles de tolerancia (Burgess y Lewis, 1987).

Refrigeración es el proceso de bajar la temperatura de una sustancia por debajo de aquella de sus alrededores. Se usa en el acondicionamiento de aire para confort, procesos y entornos de trabajo, para remover el calor de reacciones químicas, para licuar gases de proceso, para la separación de

gases por destilación y condensación, para la conservación y transporte de alimentos y para infinidad de actividades relacionadas con la vida moderna (RSES, 1990).

La refrigeración está basada en la primera y segunda leyes de la termodinámica. La primera ley establece que la energía no puede ser creada o destruida. Si desaparece en una forma, reaparece en otra. No puede aparecer energía en una forma sin un decremento correspondiente de energía en otra. La segunda ley establece que ningún sistema puede recibir calor a una temperatura dada y rechazarlo a mayor temperatura sin recibir trabajo de los alrededores. El calor siempre fluye de un cuerpo más caliente a uno más frío.

Se denomina carga de calor a la cantidad de calor que debe retirarse del espacio por refrigerar, para reducir o mantener la temperatura deseada.

El ciclo completo de refrigeración (basado en el ciclo reversible de Carnot) y los elementos que componen el sistema se pueden resumir como se muestra en la figura 1. (Hernández, 1988). Posteriormente, se describen cada una de sus partes.

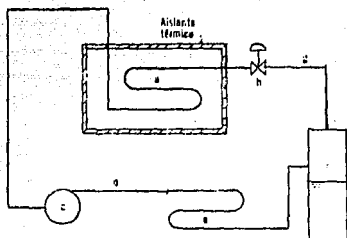


Fig.1 Ciclo completo de refrigeración
(Hernández, 1988)

a) Evaporador

Provee la superficie de calefacción necesaria para pasar al refrigerante el calor del material contenido en el espacio por refrigerar.

b) Línea de succión

Transporta el vapor de baja presión del evaporador al compresor.

c) Compresor

Tiene las siguientes funciones:

1. Remueve el vapor del evaporador.
2. Baja la presión del evaporador.
3. Sube la presión y la temperatura del vapor.

d) Línea de descarga

Transporta del compresor al condensador, el vapor de alta presión.

e) Condensador

Provee la superficie de calefacción necesaria para que el calor fluya del refrigerante al medio del condensador.

f) Tanque receptor

Almacena refrigerante, a fin de que exista un continuo suministro cuando se requiera.

g) Línea de líquido

Transporta refrigerante líquido, del tanque receptor a la válvula de control de flujo.

h) Válvula de control de flujo

Controla la cantidad necesaria de refrigerante al evaporador y reduce la presión del líquido que entra al evaporador, de modo que el líquido se evapore en el evaporador a la presión y temperatura deseadas. La válvula de expansión termostática, es el tipo más usado. Controla el flujo a través de un serpentín que hace las veces de evaporador.

1.2 Refrigerantes

En cualquier proceso de refrigeración, el cuerpo empleado como absorbente de calor se llama refrigerante o agente de refrigeración. Estos pueden ser sólidos o líquidos

y son sustancias capaces de absorber calor de otras. Entre los sólidos, se incluyen, sobre todo, el hielo y el CO₂ (hielo seco). Hasta hace no mucho, el hielo era el que más se usaba en refrigeración doméstica, pero ha sido sustituido en la mayoría de los casos por otros refrigerantes que superan las desventajas que tiene el hielo (Burgess y Lewis, 1987).

La refrigeración mecánica se basa en la evaporación y la subsecuente condensación del fluido para absorber y disipar el calor.

Los fluidos que cambian de líquido a gas después de absorber calor son conocidos como refrigerantes primarios. La salmuera, el aire y el agua, que actúan solo como transportadores de calor, son llamados refrigerantes secundarios.

El refrigerante debe poseer determinadas características físicas para que se pueda realizar la transformación de líquido a gas y de gas a líquido a la temperatura adecuada para los diferentes servicios y a la presión conveniente y apropiada a la economía, diseño,

construcción y operación de los equipos. El efecto de refrigeración de un refrigerante se mide por la cantidad de calor que es capaz de absorber desde que entra al evaporador como líquido, hasta que sale como vapor. Por lo tanto, los líquidos que poseen un alto calor latente de evaporación poseen un buen efecto de refrigeración.

Los parámetros que se utilizan para escoger un refrigerante son: sus propiedades termodinámicas, químicas, de seguridad y económicas.

Propiamente no existe un refrigerante ideal y por las grandes diferencias en las condiciones y necesidades de las varias aplicaciones, no hay un solo refrigerante que sea universalmente aceptable para todas las aplicaciones.

A continuación se describen algunas de esas propiedades (Perry y Chilton, 1987):

Temperatura y presión de ebullición. Es deseable mantener una presión de trabajo en el evaporador (presión de evaporación) arriba de la atmosférica para evitar fugas de aire y humedad dentro del sistema. El punto de ebullición del refrigerante debe ser más bajo que el intervalo de temperatura deseado para el sistema.

Se suele dividir a los refrigerantes según su punto de ebullición en cuatro amplias categorías, basadas en las temperaturas de ebullición:

Temperaturas ultrabajas:	-53.8°C (-65°F) o más bajas
Temperaturas bajas:	-53.8°C (-65°F) a -28.8°C (-20°F)
Temperaturas intermedias:	-28.8°C (-20°F) a +68°C (20°F)
Temperaturas altas:	+68°C (20°F) o más

Temperatura de congelación. El refrigerante debe tener una temperatura de congelación por debajo de la temperatura más baja obtenida en el evaporador.

Temperatura y presión críticas. La presión y temperatura de operación del sistema deben estar por debajo de los valores críticos. La temperatura crítica es aquella a la cual ninguna presión puede licuar un gas determinado. El refrigerante seleccionado debe tener una temperatura crítica mayor que la más alta temperatura a la salida del compresor.

Temperatura y presión de condensación. La presión de condensación debe ser lo suficientemente baja para permitir

el uso de equipo relativamente ligero. Entre más alta sea la presión de operación del sistema, será mas alto el costo en equipo y tubería.

Densidad. Si un refrigerante es de alta densidad, al fluir en las tuberías tendrá una caída de presión considerable. Por esto los refrigerantes de baja densidad tienen más ventajas.

Calor específico del líquido. Es deseable un valor pequeño, de lo contrario, se necesita mucho enfriamiento para el líquido caliente entrando al evaporador.

Calor específico del vapor. Es usual permitir un sobrecalentamiento de aproximadamente 50°C: que causa una baja en la eficiencia volumétrica del compresor pero al mismo tiempo produce una ganancia en el calor absorbido en el evaporador. Esta ganancia está determinada por el calor específico del vapor. Por tanto, los valores altos en este último son convenientes.

Relación refrigerante-aceite. La presencia de aceite lubricante en un sistema es obvia, por lo que el refrigerante y el aceite deben ser compatibles química y físicamente. Los refrigerantes miscibles son convenientes.

Finalmente, hay que considerar en la selección de un refrigerante su grado de toxicidad, inflamabilidad, facilidad para detección de fugas, olor (a veces conveniente para detectar fugas y a veces inconveniente por afectabilidad de los productos), costo y disponibilidad.

Los refrigerantes más usados son los siguientes:

1. **Amoníaco (NH₃).** Es el refrigerante más antiguo. Por sus características térmicas y físicas es muy eficiente, económico y no requiere equipo muy pesado. Es sin embargo, muy tóxico. Por sus características positivas, es el único refrigerante tóxico de uso frecuente a pesar de ser ligeramente flamable y explosivo cuando se mezcla en determinadas proporciones con el aire. Sin embargo, con las debidas precauciones, puede despreciarse el peligro

involucrado con su uso. Sus aplicaciones principales son en fábricas de hielo y almacenes fríos de grandes dimensiones.

2. **Dióxido de carbono (CO₂).** El uso del CO₂ requiere de equipo sumamente pesado, en virtud de la excesiva presión necesaria para comprimirlo. Además, involucra un costo inicial muy elevado. A presión atmosférica, el CO₂ se sublima (hielo seco) y se utiliza en refrigeración a bajas temperaturas para lotes pequeños donde es conveniente evitar la formación de líquidos.

3. **HIDROCARBUROS HALOGENADOS (CFC'S).** Hacia fines de la década de 1920, un grupo de ingenieros y científicos trabajando con el Dr. Thomas Midgley Jr. , desarrollaron una nueva familia de refrigerantes que tienen características excepcionales. La característica mas sobresaliente de este grupo nuevo era su baja toxicidad, lo que contribuyó a la pronta aceptación de uno de estos refrigerantes para ser usado sobre todo en instalaciones de aire acondicionado. (Burgess y Lewis, 1987).

Siguiendo los trabajos preliminares, la Kinetic Chemicals Division de E.I. Du Pont de Nemours & Co., puso en producción estos refrigerantes bajo el nombre genérico de "Freones". Otras compañías, empezando en 1950, iniciaron la producción de estos refrigerantes bajo una serie de nombres como "Genetron", "Isotron", etc.

Los refrigerantes de este grupo son hidrocarburos de sustitución en los que los átomos de halógenos, principalmente cloro y flúor sustituyen en la estructura a los átomos de hidrógeno. Por ejemplo, dos átomos de cloro y dos de flúor se utilizan para remplazar los átomos de hidrógeno en el metano. La formula resultante queda CCl_2F_2 o diclorodifluorometano (Freon 12 o refrigerante 12).

Para evitar confusiones, la ASRE (American Society of Refrigerating Engineers) decidió adoptar el nombre estándar simple de refrigerante con un número, como en el ejemplo arriba mencionado o como en refrigerante 22 que es mono cloro difluoro metano (tabla 2.1).

Este tipo de productos se utilizan en la industria del aire acondicionado y la refrigeración no solo como refrigerantes sino en la producción de espuma aislante.

Sus características como el grupo de refrigerantes más seguros en cuanto a baja toxicidad, flamabilidad y explosividad aunado a su buen efecto refrigerante los ha convertido en los de más frecuente utilización, permitiendo con ello el desarrollo acelerado de las diversas aplicaciones del aire acondicionado y la refrigeración.

CAPITULO II

LA CAPA DE OZONO ESTRATOSFERICA Y AFECTACION DE LA MISMA POR LOS HIDROCARBUROS HALOGENADOS (CLOROFLUOROCARBUROS)

2.1. La capa de ozono estratosférica

El ozono es un gas que consta de tres átomos de oxígeno en cada molécula (O_3). El oxígeno que los organismos aerobios respiran, contiene dos átomos en cada molécula (O_2).

La atmósfera terrestre está dividida en varias capas: la troposfera, que se extiende desde la superficie terrestre hasta la tropopausa, a unos 12 a 14 Km de la misma, la estratosfera, que va desde la tropopausa hasta unos 50 Km de la superficie terrestre, y tres capas más, la mesosfera, ionosfera y exosfera (RSES, 1990).

La capa estratosférica se compone básicamente de ozono y está a una altitud entre 12 y 45 Km de la superficie terrestre. Se forma por el efecto de los rayos ultravioleta solares sobre las moléculas de oxígeno. Esta capa de ozono absorbe y dispersa la luz ultravioleta proveniente del sol, previniendo que cantidades peligrosas de ella lleguen a la tierra.

En la troposfera, el ozono es formado por la radiación ultravioleta del sol que actúa químicamente con ciertos contaminantes del aire, básicamente en los días

calientes y soleados. En este caso, el ozono del aire que se respira es un contaminante.

Algunos compuestos, entre ellos los refrigerantes que contienen cloro son tan estables que no se descomponen en la troposfera, aún después de cien años o más de haber sido expelidos. Estas sustancias químicas gradualmente flotan hacia la estratosfera ya que tienen una densidad menor a la del aire. Ya en la estratosfera, el cloro (y el bromo, en el caso de compuestos bromados como los halones) reacciona con el ozono causando que éste se reconvierta en oxígeno dimolecular. El cloro actúa como detonador en la reacción, pero no pasa a ser parte de un nuevo compuesto, sino que cada molécula de cloro continúa causando más y más cambios de ozono a oxígeno, en una reacción en cadena. Se estima que una sola molécula de cloro puede destruir 100 000 moléculas de ozono (UNEP, 1989).

Las reacciones que se llevan a cabo se pueden esquematizar de la siguiente manera:

CFC	+	O3	----->	C10	+	O2 (1)
C10			----->	C1	+	O (2)
C1	+	O3	----->	C10	+	O2 (3)

Ha habido un rápido, considerable e inesperado decremento en la abundancia del ozono en la zona antártica, sobre todo en primavera, a lo largo de la última década. Comenzando a finales de los años setenta, decrementos en la columna de ozono (últimamente alcanzando hasta un 50%) se han detectado, tanto por las bases en campo como con técnicas de satélite, estas últimas mostrando que la pérdida es un fenómeno a escala continental. Las sondas de ozono en muchas estaciones de observación, han demostrado que esta pérdida ocurre entre 12 y 24 Km, alcanzando hasta 95% en algunas altitudes. Desde 1991 se han observado niveles importantes de radiación UV-B en conjunción con el agotamiento del ozono sobre la Antártida, Australia y una región montañosa de Europa. Los efectos han empezado a manifestarse en el mundo, habiéndose observado daños al fitoplancton durante el período de ausencia de ozono en los últimos años.

Las reacciones químicas mencionadas se inician en la superficie de las nubes estratosféricas polares que se forman en el vórtice de vientos sobre la Antártida y que transforman el cloro de los compuestos estables (como los clorofluorocarburos, los cuales solo se descomponen en esas condiciones meteorológicas tan especiales) en formas químicamente más reactivas. Las condiciones son similares en el Artico, donde también se ha encontrado un incremento en la cantidad de formas de cloro reductoras de ozono asociadas con nubes polares estratosféricas. Hay reducciones detectables de ozono cuando se encuentran altas concentraciones de cloro reactivo por períodos prolongados en aire frío e iluminado (Mc Elroy et al., 1986).

2.2 Escenarios de eliminación. Se han hecho estudios a base de modelos teóricos, simulando la atmósfera y las condiciones imperantes en ella para predecir, de un modo aproximado, los porcentajes posibles de reducción de la capa de ozono. Estos estudios, mostrados en el documento de 1989 de la Organización de las Naciones Unidas, muestran diversos escenarios. A partir de ellos puede llegarse a las siguientes

conclusiones (Tung, 1986; Fels et al., 1980; Lindzen, 1981):

Las predicciones para el año 2060 relativas al año 1980 se resumen a continuación para cinco escenarios posibles. En cada escenario se supuso una continuidad en los contenidos atmosféricos de metano, óxido nítrico, y dióxido de carbono de 15 ppbv (partes por billón en volumen), 0.25% y 0.4% anual respectivamente. Los escenarios examinados y sus resultados se presentan a continuación:

Escenario 1. Un congelamiento a los niveles de producción de 1985 para los CFC's⁽¹⁾, 11, 12, 113, 114, 115, halones⁽²⁾ 1211, 1301, y 2404; es decir, continuar con la producción de los compuestos de alto potencial de agotamiento de la capa de ozono, pero a un nivel estancado y al mismo tiempo incremento en los contenidos de CCl₄, CH₃CCl₃, hidroclorofluorocarburo 22 (HCFC'S) de aproximadamente una parte por trillón en volumen (pptv) (1% del nivel actual), 4 pptv (3% del nivel actual), 6 pptv (7.5% del nivel actual) por año respectivamente. En este caso, el contenido de cloro en la atmósfera alcanzaría para el año 2060 un nivel estimado de 3

veces el actual, mientras que el contenido de bromo sería de 2.5 veces el nivel actual y se predice que el ozono se reduciría entre un 35 y un 50% a 40 km.

Escenario 2. Una baja del 50% en emisiones de CFC's 11,12,113,114,115, halones 1211, 1301 y 2402 con respecto a los niveles de 1985 para el año 2000; un aumento en los niveles de CCl4, CH3CCl3, HCFC 22 de aproximadamente 1 pptv, 4pptv, y 6 pptv por año, respectivamente, más un 50% de sustitución de CFC aumentando los flujos de HCFC 22 (utilizado como ejemplo de otros HCFC's). En este caso, se predice que la reducción de ozono será de 25 -40% a 40 km.

Escenario 3. Un 95% de reducción de emisiones de CFCs 11, 12,113,114,115, halones 1211, 1301 y 2402 desde los niveles de 1985 en el año 2000 y un incremento de CCl4, CH3CCl3, HCFC22 de aproximadamente 1pptv, 4pptv, 6 pptv por año respectivamente, más un 50% de la reducción de CFCs aumentando el flujo de HCFC 22. En este caso, el ozono decrementaría de un 20 a un 30% a 40 km.

Escenario 4. 95% de disminución en las emisiones de CFC's, 11,12,113,114,115, halones 1211,1301, 2402; congelamiento de la producción de CCl4 y CH3CCl3 a niveles de 1985, HCFC 22 incrementando aproximadamente 6 pptv por año, sin substitución de CFCs con HCFC 22. El contenido de cloro en la atmósfera se estima en este caso en 3.6 ppbv para el año 2060, comparable al nivel actual. Un modelo que no incluya el efecto del CO2, predice pequeños cambios del contenido de ozono en los trópicos y un decremento de hasta 4% en las altas latitudes.

Escenario 5. 100% de disminución en las emisiones de CFCs, halones, CCl4, CH3CCl3 y HCFC 22 para el año 2000.

Esta estimación fué realizada para examinar el contenido de cloro en la atmósfera en el tiempo. Para el año 2060, el contenido de cloro se estima en 1.9 ppbv, significativamente menor al nivel actual y, aproximadamente el requerido para regresar a los niveles de la capa antártica de ozono cercanos a su estado natural, suponiendo que las actuales condiciones meteorológicas continúen.

La preocupación acerca de las consecuencias ambientales globales de los clorofluorocarburos completamente halogenados (CFC) ha creado una necesidad de determinar los impactos potenciales de otros compuestos orgánicos halogenados en el ozono estratosférico y el clima. Los CFCs, como ya se ha visto antes, al no contener un átomo de hidrógeno, no se oxidan o fotolizan en la troposfera. Estos compuestos se transportan hacia la estratosfera donde se descomponen y comienzan la destrucción, catalizada por cloro o bromo, del ozono. Los hidroclorofluorocarburos o hidrofluorocarburos (HCFCs ó HFCs), en particular aquellos que han sido propuestos como sustitutos para los CFCs, contienen al menos un átomo de hidrógeno en la molécula, lo que confiere a estos compuestos una mayor sensibilidad a la oxidación por radicales OH en la troposfera, resultando en tiempos de vida mucho menores en la atmósfera (tablas 2.1 y 2.2) y consecuentemente menor potencial o, en algunos casos, cero para destruir el ozono. No se considera al flúor como destructor de ozono.

TABLA 2.1. TIEMPO DE VIDA EN LA ATMOSFERA Y POTENCIAL DE AGOTAMIENTO DEL OZONO DE CFC'S

COMPUESTO QUIMICO	FORMULA	TIEMPO DE VIDA (AÑOS)	POTENCIAL DE AGOTAMIENTO DEL OZONO (1)
CFC-11	CFC13	60	1.0
CFC-12	CF2Cl3	120	1.0
CFC-113	CFC12CF2Cl	90	0.8
CFC-114	CF2ClCF2Cl	200	0.8
CFC-115	CF2ClCF3	209	0.5
HCFC-22	CHClF2	15	0.05
HCFC-123	CF3CHCl2	2	0.02
HCFC-124	CF3CHClF	7	0.02
HFC-125	CF3CHF2	19	0
HFC-134a	CF3CH2F	16	0
HCFC-141b	CCl2FCH3	8	0.10
HCFC-142b	CClF2CH3	19	0.06
HFC-143a	CF3CH3	40	0
HFC-152a	CHF2CH3	2	0
TETRACLORURO DE CARBONO	CCl4	73	1.1
METIL CLOROFORMO	CH3CCl3	7.4	0.10

(1) REFERIDO A CFC-11, AL CUAL SE LE DIO UN VALOR DE 1.0 (PROTOCOLO DE MONTREAL)

TABLA 2.2. POTENCIAL DE AGOTAMIENTO DEL OZONO (PAO) PARA COMPUESTOS DE BROMO

NOMBRE COMUN	TIEMPO DE VIDA (AÑOS)	PAO *	BPAO **
HALON-1301	81	10	1
HALON-1211	12	3.5	0.22
HALON-1202	1.5	0.3	0.02
HALON-2402	28	6.2	0.5

* RELATIVO A CFC-11, MOSTRADOS POR RAZONES HISTORICAS. LOS VALORES PUEDEN SER SOBREESTIMADOS SI SE TOMAN PARA EFECTOS EN LATITUDES POLARES.

** POTENCIAL DE AGOTAMIENTO DEL OZONO DEBIDO AL BROMO, DEFINIDO EN RELACION AL HALON-1301, QUE ES EL DE MAYOR TIEMPO DE VIDA.

CAPITULO III

ACCIONES ENCAMINADAS A DETENER EL AGOTAMIENTO DE LA CAPA DE OZONO

3.1. El Protocolo de Montreal

A partir de los primeros informes de que el adelgazamiento de la capa de ozono tenía estrecha relación con sustancias generadas por el hombre, basados en los trabajos de Rowland y Molina (1974), se generaron una serie de estudios encaminados a obtener pruebas palpables y se determinó la "culpabilidad" de los hidrocarburos halogenados. El 16 de septiembre de 1987, un grupo de naciones, auspiciadas por la Organización de las Naciones Unidas, elaboró un documento llamado el Protocolo de Montreal, con el fin de tomar medidas encauzadas a detener la destrucción de la capa de ozono. En este documento, se mencionan las sustancias controladas, con niveles de importancia en el abatimiento de la capa de ozono y acciones concretas para la eliminación gradual de estas sustancias. A la fecha se han efectuado varias revisiones al protocolo original y hay ya 98 naciones que han ratificado su membresía.

Se pueden resumir los objetivos y alcances del Protocolo de Montreal como sigue:

OBJETIVO

Regular la producción de sustancias agotadoras de la capa de ozono que protege la tierra de los rayos ultravioleta, procedentes de la energía solar.

ALCANCE

Acuerdo de gobiernos a nivel mundial.

Hasta la fecha, han ratificado el Protocolo 98 países.

ELEMENTOS CLAVE

Medidas de control a la producción y consumo de las sustancias dañinas.

Restricciones al comercio con los países que no hayan firmado el acuerdo.

FECHAS

16 de septiembre de 1987, se firma el protocolo

10 de enero de 1989, entra en vigor el protocolo

10 de julio de 1989, se inician las medidas de control para los países desarrollados (tabla 3.1 y gráfica 1)

10 de agosto de 1992, entran en vigor las enmiendas de Londres (tercera reunión de las partes de 1990) que consisten en eliminar la producción y consumo de CFC's, halones y tetracloruro de carbono para el año 2000 y del metilcloroformo en el año 2005.

En noviembre de 1992, en la cuarta reunión de las partes celebrada en Copenhague, el calendario de la enmienda de Londres (cuya tardía entrada en operación se debió básicamente a un retraso en la ratificación de los acuerdos por parte de los países) se modificó, acelerando las fechas de reducciones en consumo y producción de productos controlados y, por ende, las fechas de completa eliminación. Esto último se debió a la presentación de estudios donde se llegó a la conclusión de que el deterioro en la capa de ozono es mas grave de lo que se había pensado. Las modificaciones propuestas se presentan en las tablas 3.2, 3.2.1, 3.2.2.y figuras correspondientes (UNEP, 1992).

TABLA 3.1 PROGRAMA DE REDUCCION DE LA PRODUCCION Y CONSUMO DE CFC'S (REVISION 1990)

PAISES DESARROLLADOS	
AÑO	% DE PRODUCTOS REGULADOS
1989	100
1993	80
1995	50
1997	15
2010	0

NOTAS:

(1) TODAS LAS MEDIDAS DE CONTROL SE APLICAN SOBRE LOS NIVELES DE PRODUCCION Y CONSUMO DE 1989.

(2) PARA FINES DEL PROTOCOLO SE ENTIENDEN COMO PAISES DESARROLLADOS LOS QUE TIENEN CONSUMO PER CAPITA ANUAL DE LAS SUSTANCIAS CONTROLADAS MAYOR A 399 g.

(3) PARA FINES DEL PROTOCOLO SE ENTIENDEN COMO SUBDESARROLLADOS AQUELLOS CON CONSUMO PER CAPITA ANUAL DE LAS SUSTANCIAS CONTROLADAS MENOR A 300 g (MEXICO 112 g)

SUSTANCIAS CONTROLADAS (GRUPO I-A)

CFC'S 11
12
113
114
115

(GRUPO II-A)

HALONES
TETRACLORURO DE CARBONO

TABLA 3.1 REDUCCION DE CONSUMO Y PROD.
DE CPC'S (UNEP, 1992)

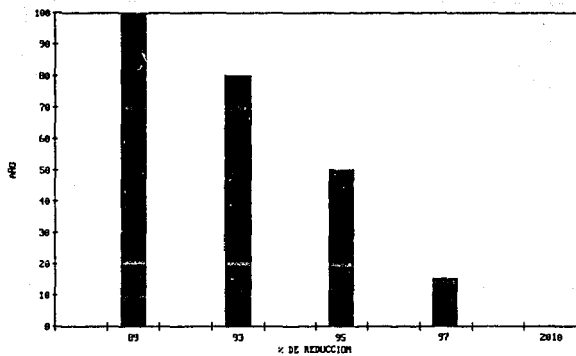


TABLA 3.2 PROGRAMA DE REDUCCION DE PRODUCCION Y CONSUMO DE CFC'S REVISION DE 1992 (PRODUCTOS DEL GRUPO I-A)

AÑO	% DE PRODUCTOS REGULADOS PAISES DESARROLLADOS	% DE PRODUCTOS REGULADOS PAISES SUBDESARROLLADOS
86	100	100
94	25	110
96	0	115

NOTAS :

LOS PAISES SUBDESARROLLADOS TIENEN UN PERIODO DE GRACIA DE 10 AÑOS.

LOS PRODUCTOS DEL GRUPO II-A SE PRETENDEN ELIMINAR COMPLETAMENTE A PARTIR DEL 1o DE ENERO DE 1994.

FIG 3.2 REDUCTION DE CTC'S, GROUPE 1-A
(1927, 1952)

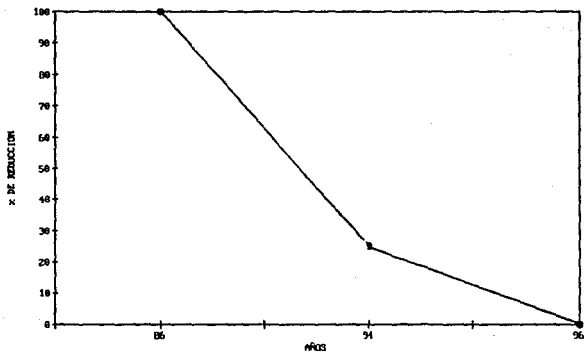


TABLA 3.2.1 PROGRAMA DE REDUCCION Y CONSUMO DE CFC'S
REVISION DE 1992
(OTROS HIDROCARBUROS COMPLETAMENTE HALOGENADOS, GRUPO II-B)

AÑO	% DE PRODUCTOS REGULADOS PAISES DESARROLLADOS	% DE PRODUCTOS REGULADOS PAISES SUBDESARROLLADOS
89	100	100
93	80	110
94	25	110
96	0	115

TABLA 3.2.1 REDUCCION DE CFC'S
GRUPO 1-B (URUP, 1992)

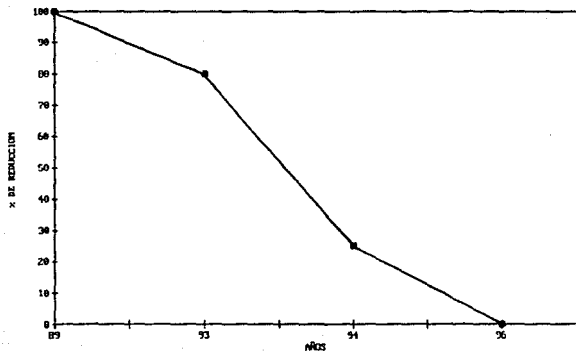
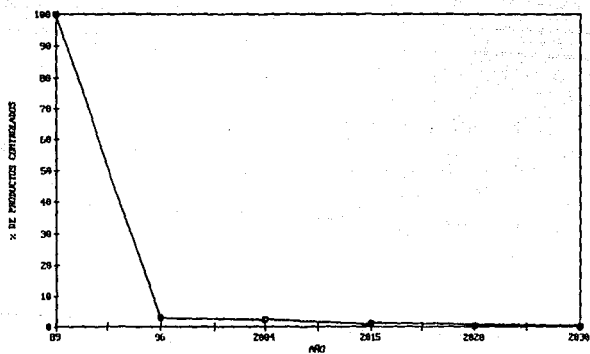


TABLA 3.2.2 PROGRAMA DE REDUCCION DE CONSUMO Y PRODUCCION DE HCFC'S (HIDROCLOROFLUOROCARBUIROS, GRUPO I-C) REVISION DE 1992

AÑO	% DE PRODUCTOS REGULADOS PAISES DESARROLLADOS
89	100.0
96	3.100
2004	2.325
2015	1.085
2020	0.155
2030	0.0

FIG.3.2.2 REDUCCION DE HCP'S Y HPC
(URDF, 1992)



Además de las regulaciones encaminadas a suprimir el consumo y producción de las sustancias controladas, el protocolo de Montreal también insta a todas las partes a tomar todas las medidas practicables para evitar liberaciones de estas sustancias a la atmósfera, incluidas, entre otras cosas:

a) Medidas para recuperar, durante la revisión y el mantenimiento, así como antes de eliminar un equipo y a efectos de reciclado, regeneración o destrucción, sustancias controladas (CFC's, halones, metilcloroformo, etc), contenidas en los equipos de refrigeración y aire acondicionado, sistemas contra incendios, maquinaria para limpieza que contenga disolventes;

b) Medidas para reducir al mínimo las fugas de refrigerantes de los sistemas comerciales e industriales de acondicionamiento de aire y de refrigeración durante su manufactura, instalación, funcionamiento y mantenimiento;

c) La destrucción de las sustancias que agotan el ozono que no sean necesarias, siempre que dicha destrucción sea económicamente viable y ambientalmente adecuada. (ver tabla 3.3).

**TABLA 3.3 PROCESOS DE DESTRUCCION
APROBADOS (UNEP, 1992)**

Categoría de oxidación térmica

- Incineradores de inyección líquida
- "Craqueo" en reactor
- Oxidación de gas/humos
- Incineradores de cemento

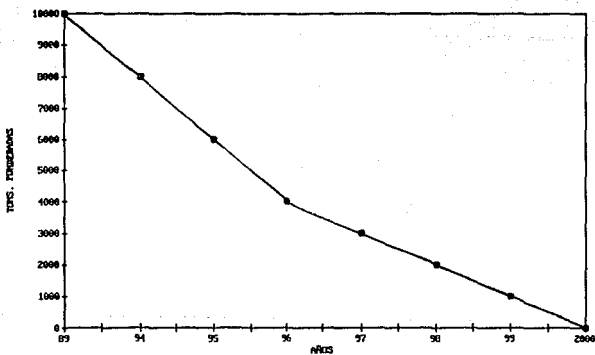
3.2 Regulaciones nacionales

México fué el primer país en ratificar los acuerdos del Protocolo de Montreal y, a pesar de tener la posibilidad de acogerse a la prórroga otorgada a los países subdesarrollados de diez años para comenzar los procesos de eliminación de los compuestos que dañan la capa de ozono, tiene un programa de muy rápida reducción y eliminación tanto del consumo como la producción de los mismos (tabla y figura 3.4).

**TABLA 3.4 PROGRAMA MEXICANO PARA ELIMINACION DE CFC'S,
METILCLOROFORMO Y HALONES (SEDUE, 1991)**

CONSUMO (TONELADAS METRICAS PONDERADAS)	AÑO	% DE REDUCCION
10000	89	0
8000	94	20
6000	95	40
4000	96	60
3000	97	70
2000	98	80
1000	99	90
0	2000	100

3.4 PROGRAMA NACIONAL DE REDUCCION DE
CFC'S



CAPITULO IV

**IMPACTO GLOBAL DE LAS NUEVAS REGULACIONES EN LA
INDUSTRIA DEL AIRE ACONDICIONADO Y LA REFRIGERACION**

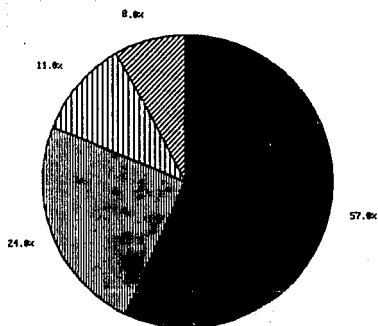
**4.1 La industria del aire acondicionado y la refrigeración:
un cambio radical**

Con las prohibiciones y regulaciones acerca de los clorofluorocarburos, el sector más afectado es el del aire acondicionado y la refrigeración, como se puede ver en la tabla 4.1 y figura 4.1 (SEPA, 1990).

TABLA 4.1 USOS DE LOS CFC'S

SEGMENTO DE MERCADO	% DEL TOTAL DE CONSUMO DE CFC'S 1991
REFRIGERACION	57
PRODUCCION DE ESPUMAS	24
LAVADO EN SECO	11
AEROSOLES	8

% DE CONSUMO DE CFC'S POR SEGMENTO DE MERCADO



Otro uso importante es como agentes espumantes en la producción de espumas de poliuretano, entre ellas las utilizadas como aislantes para sistemas de aire acondicionado o en equipos de refrigeración. Se pueden usar otros métodos para producir estas espumas, como los sistemas a base de dióxido de carbono. Sin embargo, esto implica mayor consumo de materia prima y mayores costos (10 a 15% más); además, se

necesitan espesores mayores de espuma para dar el mismo efecto aislante. Esto significa que los refrigeradores y congeladores serán o mayores exteriormente o menores por dentro. Los camiones refrigerados no pueden ser mayores por fuera, y, por lo tanto la capacidad de carga se verá afectada, con el consiguiente incremento de los costos de transportación de comida congelada o productos farmacéuticos.

Los procesos de congelamiento de alimentos sufrirán necesariamente cambios, lo cual también afectará los costos.

Los refrigeradores, congeladores y otros sistemas que utilizan CFC-12 (R-12) que serán rediseñados para usar otros compuestos serán menos eficientes, utilizando mas energía eléctrica para su operación .

Los precios que se pagan por refrigerante se incrementarán como resultado de una menor disponibilidad. Para controlar costos y hacer menos frecuentes las reposiciones de gas, se necesitara conservar, recobrar y reutilizar los refrigerantes. Es cada vez más importante encontrar y reparar fugas en los sistemas, en lugar de solo agregar mas refrigerante periódicamente, lo cual era lo usual.

Independientemente de si las disposiciones del Protocolo de Montreal están tomando calendarios cada vez mas cortos para la sustitución de los refrigerantes, se deben tomar medidas para que este sector de la industria no sufra un deterioro irremediable.

4.2 Selección de un refrigerante en equipo nuevo

Básicamente, la elección de un refrigerante es efectuada tomando en cuenta la aplicación y el intervalo de temperatura requerido.

En el pasado, la selección de un fabricante era sencilla: en aplicaciones de baja temperatura (-40°C a -12°C) como congeladores se usaba R-502. En aplicaciones de alta temperatura (-20°C a $+ 7.22^{\circ}\text{C}$) como en aire acondicionado o conservación de flores frescas la elección natural era R-22. Sin embargo si el sistema tenía que manejar un intervalo mayor o si había conveniencia de un solo refrigerante, independientemente de la aplicación, el R-12, que puede ser utilizado eficazmente en intervalos entre -40°C a $+ 7.22^{\circ}\text{C}$,

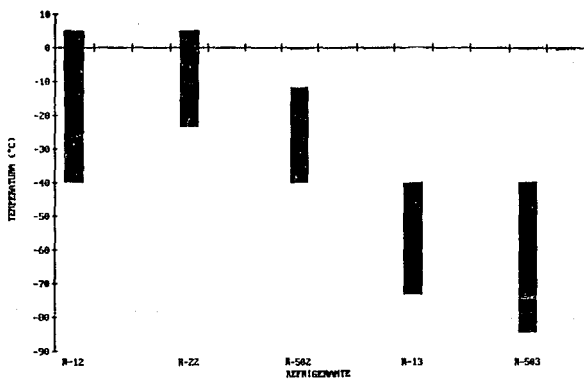
era escogido con frecuencia. En aplicaciones de muy baja temperatura (-73.3°C , -84.4°C), R-13 o R-503 eran lo mas adecuado (tabla 4.2).

TABLA 4.2 EQUIPO EXISTENTE: USO DE REFRIGERANTE POR APLICACION

REFRIGERANTE	INTERVALO DE TEMPERATURA ($^{\circ}\text{C}$)
R-12	-40 4.4
R-22	-23.3 4.4
R-502	-40 -12.22
R-13	-73.33 -40
R-503	-84.44 -40

NOTAS:
 ULTRA BAJA TEMPERATURA -84.44 a -40
 BAJA TEMPERATURA -40 a -17.77
 MEDIANA TEMPERATURA -17.77 a -6.66
 ALTA TEMPERATURA - 6.66 a 4.44

FIG.4.2. APLICACIONES DE REFRIGERANTES EN EQUIPO ACTUAL
(GOLDSTEIN, 1992)



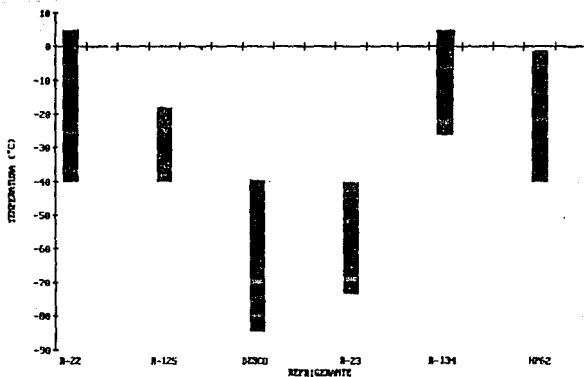
En la actualidad, con la nueva legislación, los fabricantes diseñan los equipos con refrigerantes permitidos o de transición.

**TABLA 4.3 USOS DE REFRIGERANTE POR APLICACION EN EL FUTURO
(HCFC-22 O R-22 COMO TRANSICION)**

REFRIGERANTE	INTERVALO DE TEMPERATURA (°C)
R-22	-40 4.44
R-125	-40 -17.77
DESCONOCIDO	-84.44 -40
R-23	-73.33 -40
R-134a	-26.11 4.44
HP-62	-40 -1.11

NOTAS: R-22 PUEDE SER USADO A BAJA TEMPERATURA UTILIZANDO COMPRESORES COMPUESTOS , INYECCION DE LIQUIDO, RETORNO REDUCIDO DE GAS O TEMPERATURAS DE CONDENSACION REDUCIDAS. EL USO Y EL DISEÑO DE PRODUCTOS DETERMINA SI R-22 PUEDE USARSE O NO.

FIG.4.3. USO DE REFRIGERANTES POR APLICACION (GOLDSTEIN,1992)



Es importante tomar en cuenta que no se han desarrollado refrigerantes que simplemente sustituyan los R-12, R-502, R-13 O R-22 sin hacer ningun otro cambio a los equipos. Todos los substitutos tanto actuales como futuros que se han identificado, requieren de hacer modificaciones en los equipos, que en algunos casos pueden ser sumamente

complicadas, para poder dar el mismo nivel de eficiencia que se obtenía con el refrigerante anterior. Un fabricante de equipo necesita información sumamente completa por parte de las compañías químicas que desarrollan y proveen estas substancias para poder hacer una substitución racional .

Hoy en día, la refrigeración necesita de productos químicos con un potencial de agotamiento de ozono igual a cero (PAO). Generalmente, estos químicos tienen intervalos de aplicación limitados, son caros, no hay una distribución adecuada, no se encuentran aún en cantidades comerciales y todavía están en pruebas para determinar su compatibilidad con lubricantes sintéticos de base polialquilenglicol y ésteres, ya que son incompatibles con los aceites minerales actuales. Debido a lo anterior, muchos fabricantes de equipo han optado por los llamados refrigerantes de transición (los hidroclorofluorocarburos, HCFC) los cuales tienen bajos valores (pero no cero) de PAO; las ventajas de estos refrigerantes (por ejemplo el R-22 con un PAO de 0.05 en vez de R-12, el cual tiene un PAO de 1) es que son accesibles tanto en precio como en suministro y compatibles con los aceites minerales, lo que los hace muy susceptibles de

recuperación y reutilización.

El utilizar o no la opción de la transición, sabiendo que posteriormente se tendrá que cambiar de nuevo a un refrigerante con PAO igual a cero, depende de la aplicación (TABLA 4.3), el ciclo de desarrollo del producto y la estrategia de mercadotecnia de la empresa. Si los productos de esta última se pueden adaptar fácilmente a cambios de diseño o si la vida útil del producto es corta, el fabricante puede considerar el uso de los refrigerantes de transición.

(TABLA 4.4).

**TABLA 4.4 PARAMETROS PARA DISEÑO DE SISTEMAS:
EVOLUCION DE REFRIGERANTES (Goldstein, 1992)**

DISEÑO EN EL PASADO	1992	1993-1994
		R-125 BAJA TEMP.
	R-502-----R-22 BAJA/MED TEMP	HP-62 BAJA/MED TEMP.
R-12-----	R-22 MED/ALTA TEMP.	HP-62 MED.TEMP.
	R-134a MED/ALTA TEMP	R-134a ALTA TEMP.
R-13/R-503-----	R-23 (-120oF)-----	DESCONOCIDO
	R-23 (-100oF)	

4.3 Consideraciones respecto a equipo existente

Cuando un nuevo producto se diseña para utilizar un refrigerante sustituto, se tiene completa libertad para seleccionar componentes y se pueden especificar criterios de comportamiento. Sin embargo, cuando se trata de equipo existente, algo muy común en nuestro país, dado que los equipos de aire acondicionado y refrigeración tienen tiempos de vida útil muy largos, hay muchos parámetros a considerar para reemplazar sustancias con alto PAO con las de PAO nulo. Se tienen varias opciones:

4.3.1.- Cambiar refrigerante y aceite lubricante.

Al hacer solamente estos cambios, la capacidad resultante puede no ser exactamente la existente previa al cambio. Esto es debido a que los nuevos refrigerantes no son termodinámicamente equivalentes cuando se usan en el equipo original sobre un intervalo amplio de temperatura.

Aún cuando con algun diseño en particular no haya problema, el cambio por un refrigerante nuevo o por uno de transición, puede bajar la capacidad y eficiencia de los equipos.

4.3.2. Cambiar refrigerante, lubricante y algunos componentes del sistema.

Si a causa de la aplicación no se puede afectar la capacidad de un sistema, entonces se deben hacer modificaciones en el compresor, condensador, ventilador y otros componentes así como en el refrigerante y el lubricante.

4.3.3. Utilizar refrigerantes actuales con alto PAO.

Generalmente, los equipos existentes en instalaciones hoy en día, podrían funcionar varios años más con los refrigerantes de alto PAO. A través de las nuevas regulaciones acerca de reciclamiento y recuperación vigentes en Estados Unidos desde julio de 1992 y próximamente en México (en México ya existe un programa en operación para estos fines) y otros países, se espera que la producción de los refrigerantes peligrosos se reduzca o sustituya completamente por refrigerantes de recuperación o reciclaje. Este es un punto muy importante a tomar en cuenta: solo los refrigerantes que son lanzados a la atmósfera son dañinos, los que se encuentran en los sistemas no lo son. Además, un

mejor procedimiento de mantenimiento en los sistemas alargará su vida útil, protegerá el ambiente y costará menos dinero a largo plazo. Es conveniente, entonces, considerar la sustitución de los refrigerantes cuando se reconstruye una unidad, o bien cuando existen políticas muy fuertes de los clientes para eliminar todos los CFCs (clorofluorocarburos).

En la nueva generación de productos, el único realmente disponible es el HCF-134a (1,1,1,2- tetrafluoroetano ó CH₂FCF₃) que sirve bien para aplicaciones de alta o mediana temperatura. Hay muchos otros que están en investigación todavía (ver tabla 4.5 y 4.6), pero, como se mencionó anteriormente, aún se están haciendo pruebas de compatibilidad con lubricantes y otras cuestiones.

TABLA 4.5. SUSTITUCION DE REFRIGERANTES POR APLICACION
(GOLDSTEIN, 1992)

	R-502	R-22	R-134a	R-125*	HP-62*	R-23
ULTRA BAJA TEMP.	---	---	---	---	---	X
BAJA TEMP.	X	---	---	X	X	---
MEDIANA TEMP.	X	X	X	---	X	---
ALTA TEMP.	---	X	X	---	---	---
P.A.O.	0.3	0.05	0.0	0.0	0.0	0.0

* No disponible aún comercialmente

TABLA 4.6 CONSIDERACIONES IMPORTANTES ACERCA DE LOS PRINCIPALES REFRIGERANTES (GOLDSTEIN, 1992)

<u>REFRIGERANTES</u>	<u>APLICACION</u>	<u>PROBLEMATICA</u>
R-505	BAJA/MED. TEMP.	- PAO ALTO. SERA ELIMINADO RAPI- DAMENTE.
R-22	MED./ALTA TEMP.	- ALTA TEMP. DE DESCARGA. EN LA LISTA DE ELIMI- NACION.
R-125	BAJA TEMP.	- BAJA TEMP, CRITICA. NECE- SITA LUBRICAN- TE SINTETICO.
HP-62	BAJA/MED. TEMP.	- NECESITA LUBRI- CANTE SINTETICO. NO ESTA DISPONIBLE AUN.
R-134a	ULTRA BAJA TEMP.	- NECESITA LUBRI- CANTE SINTETICO.

CAPITULO V

CONCLUSIONES.

La capa de ozono sigue deteriorándose. Según los informes de la reunión de Ginebra de julio de 1992, incluso suponiendo que todas las naciones aplicaran el Protocolo de Montreal enmendado (Londres, 1990), el agotamiento de la capa de ozono continuará y crecerá hasta llegar a su máximo en el año 2000. Debido a esto, en la cuarta reunión de las partes celebrada en Copenhague en Noviembre de 1992, se acordaron nuevas reducciones, mas aceleradas. Hay otra preocupacion entorno a los refrigerantes y es que los compuestos clorofluorocarburos e hidroclofluorocarburos son gases que contribuyen fuertemente al efecto invernadero y con ello al cambio climático. Esto se tomará muy en cuenta en el momento de seleccionar compuestos que los sustituyan, ya que el hecho de que una sustancia tenga PAO cero no significa que no tenga un potencial de efecto de invernadero considerable.

Al ser el sector del aire acondicionado y la refrigeración uno de los mas involucrados ya sea desde el punto de vista de los consumidores directos, los fabricantes de equipo, los instaladores o contratistas o los diseñadores de sistemas, se debe promover el conocimiento del problema y de las regulaciones y medidas de control enfocadas a

resolverlo. En espera de soluciones en la sustitución de los refrigerantes o durante la vida útil de los equipos instalados en el presente y que operan con compuestos que deterioran la capa ozono, se debe:

- * Prevenir lo más eficientemente posible el escape de los mismos a la atmósfera.

- * Familiarizarse con los métodos de conservación y reciclaje de estos productos.

- * En el caso de encontrarse en la disyuntiva de sustituir el refrigerante de un equipo instalado o bien de sustituir el equipo mismo, así como al diseñar un sistema nuevo, tomar en cuenta los siguientes puntos:

1. Aplicación

Es preciso determinar el intervalo de temperatura a utilizar, es decir si se trata de baja, mediana, alta o ultrabaja temperatura.

2. Disponibilidad del refrigerante sustituto

Es importante determinar para cada aplicación existente, así como también para los casos de instalaciones de nuevos sistemas, el tipo de refrigerante ocupado en el

equipo, así como la posibilidad de utilizar productos con valor de "Potencial de Agotamiento de Ozono" (PAO) nulo o en su defecto el uso de refrigerantes de transición. En este caso, es necesario evaluar la conveniencia de cambiar el refrigerante, o bien, esperar a que haya un producto seguro y mientras tanto maximizar las medidas para evitar fugas al ambiente.

En un equipo nuevo que utilice refrigerante de transición, es necesario saber si está ya preparado o calculado para cambiar el refrigerante por uno de PAO igual a cero.

3. Cambios en el diseño de equipo

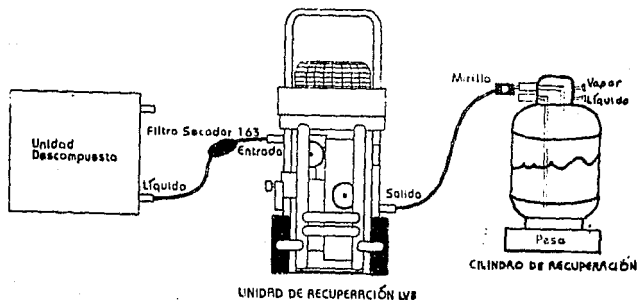
Es necesario averiguar los cambios en los diversos componentes: compresor, válvula de expansión, condensador, tipo de lubricante, etc., definir qué partes deberán cambiarse o modificarse. Si se trata de equipo instalado se debe considerar si los cambios son costeables o si es más conveniente sustituir el equipo por uno nuevo, ya diseñado para los nuevos refrigerantes. En caso de sustitución de equipo, se deberá recuperar el refrigerante antes de desechar la maquinaria, y enviarlo a reciclado o a su destrucción. Lo

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

mismo deberá hacerse cuando se cambien o modifiquen partes de equipos instalados, mediante transferencia del refrigerante a un cilindro de recuperación mediante una unidad portátil de recuperación, (ambos ya existentes en el mercado). Estos últimos se utilizan también mientras se llevan a cabo trabajos de servicio y mantenimiento (Fig.5.1).

Con medidas como las anteriores se minimizan los costos de operación en el largo plazo.

Figura 5.1 Recuperación de Líquido y Vapor (National Refrigeration Products, Inc., 1993)



Es preciso resaltar el hecho de que el principal uso de CFC's es como refrigerantes en aire acondicionado y refrigeración, tanto en de uso doméstico como industrial. Es por ello que es donde más se deben evitar las emisiones a la atmósfera por medio de mejores diseños y mantenimiento de mejor calidad. La instalación, servicio y mantenimiento de sistemas de aire acondicionado y refrigeración debe hacerse únicamente a través de personal especialmente capacitado. En el caso de nuevas instalaciones, remodelaciones y reparaciones menores, se debe usar un refrigerante de potencial de agotamiento de ozono tan bajo como sea posible.

De la experiencia demostrada por otros países (SEPA, Suecia, 1990) en la sustitución de CFC's, se puede concluir que ésta puede ser mas rápida y presentar menores problemas de lo que se piensa, ya que en ellos ha sido posible restringir en gran medida el uso de las sustancias dañinas y la solución ha estado en la utilización de otros materiales o métodos de trabajo y sobre todo en la concientización de todas las partes interesadas.

Con el fin de prevenir daños irreparables a la vida humana y a los ecosistemas terrestres, la destrucción de la capa de ozono debe ser detenida lo antes posible. Entre más eficazmente se pueda evitar el escape de CFC's a la atmósfera, se conserven y reciclen o destruyan estos materiales, se contribuirá a la protección del medio ambiente y la salud.

BIBLIOGRAFIA

1. Air Conditioning and Refrigeration Institute. 1990. Refrigeración y aire acondicionado. Ed. Prentice Hall., Atlanta, Ga., Estados Unidos.
2. Air Conditioning, Heating and Refrigeration News. 1990. Californians "Big Green" initiative. Business News Publishing Co. May 14, Troy, Mich., EEUUA.
3. Bojkov, R.D. 1986. Surface ozone during the second half of the nineteenth century. J. Climate and Appl. Meteor., 25:345-352.
4. Burgess, H. J. y S. R. Lewis. 1987. Air Conditioning and Refrigeration. Ed. McGraw-Hill. Nueva York, EEUUA.
5. Carrier Corporation. 1989. Alternative refrigerants. Boletín No. 1. Atlanta, Ga., EEUUA.

6. Crutzen, P.J. 1988. Tropospheric ozone: An overview in "Tropospheric ozone: Regional and global scale interactions". Ed. I.S.A. Isaksen, NATO ASI Series C, D. Reidel, Dordrecht.

7. Crutzen, P.J. y B. Bruhl. 1989. The environmental record in glaciers and ice sheets. H. Oeschger y C.C. Langway, Jr. editores, Wiley, Nueva York, EEUUA.

8. Derwent, R. y A. Voltz Thomas. 1989. The tropospheric lifetime of halocarbons and their reactions with OH radicals: an assessment based on the concentration of 14 Co, En "Alternative Fluorocarbons Environmental Acceptability Study" (AFEAS). UNEP.

9. Fels, S.B., J.D. Mahlman, M. D. Schwarzkopf y R. W. Sinclair. 1980. Stratospheric sensitivity to perturbations in ozone and carbon dioxide: Radiative and dynamical response, J. Atmos. Sci., 37, 2265-2297.

10. Hernández, E. 1988. Fundamentos de aire acondicionado y refrigeración. 8ª edición, Ed. Limusa., México D.F., México.

11. Goldstein, Sh. 1992. The CFC's issue: refrigerant substitutes. J. IES (Institute of Environmental Sciences), 35(5):15-50.

12. IUCC. 1993. La función de los gases de efecto invernadero. Oficina de información sobre los cambios climáticos, PNUMA, en Cambio climático, fichas informativas. Ginebra, Suiza.

13. Lindsen, R.S..1981. Turbulence and stress due to gravity wave and tidal breakdown. J. Geophys. Res., 86, 9707-9714.

14. McElroy, M.B., R.J. Salawitch, S.C. Wolfey y J.A. Logan. 1986. Antarctic ozone: reductions due to synergistic interactions of chlorine and bromine, Nature, 321, 759.

15. Molina, M.J., y F.S. Rowland. 1974. Stratospheric sink for chlorofluoro methanes: chlorine-atom catalyzed destruction of ozone. Nature, 249, 810.

16. **NPR.** 1992. Unidad comercial de recuperación de refrigerante. National Refrigeration Products, Inc., boletín 7-20-1992. Bensalem, PA, EEUUA.

17. **Perry, R. H. y C. H. Chilton.** 1987. Chemical Engineers Handbook. 5ta Edición, Ed. Mc. Graw Hill, capítulo 12. Tokio, Japón.

18. **PNUMA.** 1992. Eliminación y sustitutos para refrigerantes y solventes. Programa de las naciones unidas para el medio ambiente. Bol. Acción Ozono No.4.

19. **PNUMA.** 1992. El Protocolo de Montreal y sus implicaciones. Programa de las naciones unidas para el medio ambiente. Boletín Acción Ozono No.4. Paris, Francia.

20. **RSES.** 1990. Refrigerants and the atmosphere. The Refrigeration Service Engineers Society. Boletín especial. Des Plaines, Illinois, EEUUA.

21. SEDUE. 1991. Marco general para reducción de sustancias que dañan la capa de ozono. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. Mexico, D.F., México.

22. SEPA. 1991. Experience from phaseout. Swedish Environmental Protection Agency. Folleto informativo, Solna, Suecia.

23. Sporlan Valve Company. 1992. Converting to R-22, what must be considered. Bulletin 10-1. San Luis, Missouri, EEUUA.

23. Tung, K. K.. 1986. Nongeostrophic theory of zonally averaged circulation. Part I: Formulation. J. Atmos. Sci., 43, 2600-2618.

25. UNEP. 1987. Montreal Protocol on substances that deplete the ozone layer, final act. United Nations Environmental Programme, World Meteorological Organization. Nairobi, Kenya.

26. UNEP. 1989. Scientific assessment of stratospheric ozone. United Nations Environmental Programme, World Meteorological Organization. Nairobi, Kenya.

27. UNEP. 1992. Informe de la cuarta reunión de las partes en el protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. United Nations Environmental Programme. Copenhagen, Dinamarca.