

RECUPERACION Y RECICLADO DE REFRIGERANTES

Introducción	105	Aire Acondicionado Automotriz	111
Los CFC'S y la Capa de Ozono	105	Precauciones al Utilizar Equipo de Recuperación y Reciclado	111
El Protocolo de Montreal	106	Los Filtros Ayudan	111
Recuperación y Reciclado de Refrigerantes	107	Mezclas de Gases Diferentes	111
Equipo para Recuperar Refrigerante	108	Sobreviviendo a las Reprocesadoras	111
Equipo para Reciclar Refrigerante	109	Problemas de Vibración	112
Procedimiento para el Reproceso del Refrigerante	110	Reemplazando el Aceite	112
Normas de Seguridad para la Recuperación / Reciclado / Reproceso de los CFC'S	110		

Introducción

En este capítulo se verá la importancia del uso de los equipos para recuperación y reciclado de refrigerantes; se describirá el efecto de los refrigerantes clorofluorocarbonados (CFC's) sobre la capa de ozono, en la atmósfera; se entenderán las reglas que gobiernan el desfasamiento de los refrigerantes totalmente halogenados (CFC's); así como los procedimientos adecuados para recuperar, reciclar y re-utilizar los CFC's.

Los CFC's y la Capa de Ozono

La capa de ozono es una delgada capa dentro de la atmósfera de la tierra, comienza aproximadamente a unos 25 km arriba del suelo, y se extiende hasta más de 35 km de ancho (figura 9.1). Se sabe que esta capa cambia su espesor dependiendo la estación del año, hora del día y temperatura. Con frecuencia se le llama pantalla o escudo. A la capa de ozono se le acredita como protectora contra los dañinos rayos ultravioleta (UV) del sol. La capa de ozono funciona como un filtro para estos rayos y protege la vida humana, vegetal y marina de sus efectos dañinos. Existen teorías actualmente aceptadas, de que los rayos UV son los principales causantes de cáncer en la piel, y de provocar cambios en los ciclos biológicos de algunas plantas y organismos submarinos.

Desde hace muchos años, se había sostenido la teoría de que algunos gases emitidos desde la tierra, principalmen-

te cloro y bromo, deterioran la capa de ozono. Esta hipótesis, presentada desde 1974 por los científicos Molina y Rawland (Premio Nobel de Química 1995), fue posteriormente confirmada por estudios de la NASA, mediante el uso de satélites y detectores de ozono, principalmente en la Antártida, donde el problema parece ser más serio. Las últimas investigaciones realizadas en la atmósfera, indican que puede haber un "agujero" en la capa de ozono sobre la Antártida, cada primavera, hasta mediados del próximo siglo (2,050), a causa de las emisiones de cloro y bromo.

Así mismo, se ha observado que en algunas áreas densamente pobladas de ambos hemisferios, se está presentando un agotamiento de la capa de ozono de aproximadamente 3% en verano y 5% en invierno. En los trópicos no se ha encontrado disminución de esta capa.

Los clorofluorocarbonos (CFC's) son una familia de compuestos químicos que contienen cloro, flúor y carbono. Fueron desarrollados hace más de 60 años y tienen

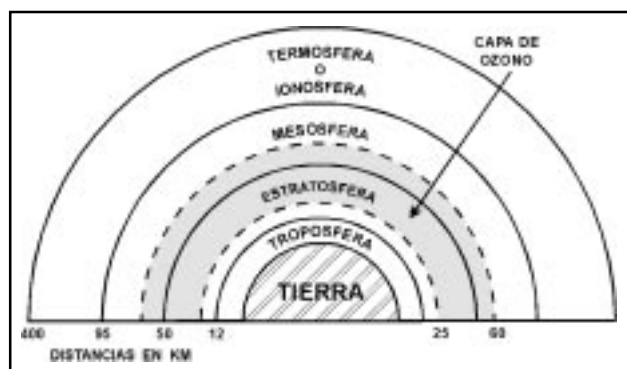


Figura 9.1 - Ubicación de la capa de ozono.

Mercado total de E.U. en 1988 para los CFC 340 millones de kg

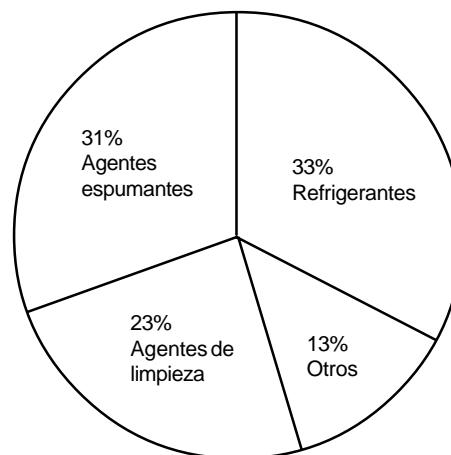
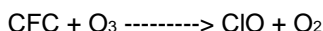


Figura 9.2 - Aplicaciones de los CFC'S.

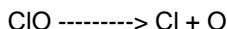
propiedades únicas. Son de baja toxicidad, no son inflamables, no son corrosivos y son compatibles con otros materiales. Además, ofrecen propiedades físicas y termodinámicas que los hacen ideales para una variedad de usos. Los CFC's se utilizan como refrigerantes; agentes espumantes en la manufactura de aislamientos, empaques y espumas acojinantes, propelentes en aerosoles; como agentes de limpieza para componentes metálicos y electrónicos, y en muchas otras aplicaciones (figura 9.2).

Sin embargo, los CFC's son compuestos muy estables, por lo que al ser liberados, alcanzan grandes alturas sin descomponerse, y pueden pasar muchos años antes de descomponerse químicamente.

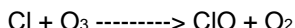
El cloro, importante componente de los CFC's, es el principal causante del deterioro de la capa de ozono. Mediante una acción acelerada por la luz del sol, el cloro se desprende de la molécula, reaccionando con una molécula de ozono y formando una molécula de monóxido de cloro y otra de oxígeno:



El monóxido de cloro, por ser una molécula muy inestable, se separa fácilmente y deja el cloro libre de nuevo:



Este radical de cloro libre comienza el proceso otra vez:



Por lo que una molécula de CFC puede destruir una cantidad grande de moléculas de ozono, dependiendo del número de átomos de cloro y de su estabilidad. Los CFC'S con mayor número de átomos de cloro son el R-11 (3 átomos) y el R-12 (2 átomos), y también son los más estables. Se estima que una molécula de R-11 puede destruir hasta 100,000 moléculas de ozono.

El Protocolo de Montreal

El deterioro de la capa de ozono pronto fue una preocupación mundial, y después de varios años de negociaciones, a mediados de 1989, se tomó un acuerdo internacional para regular la producción y el uso de compuestos químicos, que pudieran afectar la capa de ozono. Conocido como el Protocolo de Montreal, este acuerdo importante fue un llamado a reducir de manera gradual los CFC'S en los países desarrollados, que son los mayores productores. Aunque nuestro país, por su relativa baja producción no estaba considerado, también firmó este acuerdo.

En esta primera reunión, se hicieron varias propuestas de la forma en que se haría esta reducción. Finalmente, la más aceptada fue que, tomando como base los niveles de producción de 1986, en los países desarrollados debería de haber un defasamiento completo para el año 2,030. A los países menos desarrollados, se les otorgaron 10 años más para completar la transición a nuevas tecnologías.

El Protocolo es un esfuerzo unido de gobiernos, científicos, industria y grupos ecologistas. Coordinado por el

Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP), el Protocolo ha sido ratificado por aproximadamente la mitad de las naciones soberanas del mundo, lo que representa más de 90% del consumo de CFC's en el mundo.

En Estados Unidos, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) ha decretado regulaciones, las cuales establecen que para finales del siglo, los siguientes refrigerantes totalmente halogenados CFC'S deberán estar defasados:

R-11	(Tricloromonofluorometano)
R-12	(Diclorodifluorometano)
R-113	(Triclorotrifluoroetano)
R-114	(Diclorotetrafluoroetano)
R-115	(Cloropentafluoroetano)

Periódicamente, se hacen revisiones al Protocolo de Montreal para ver los avances, el desarrollo de los compuestos sustitutos y hacer nuevas propuestas sobre el defasamiento. En junio de 1990 se hizo una nueva revisión, acordándose acelerar el defasamiento para el año 2000, como se muestra en la figura 9.3.

Mientras tanto, los grandes productores mundiales de refrigerantes habían estado ya trabajando en el desarrollo

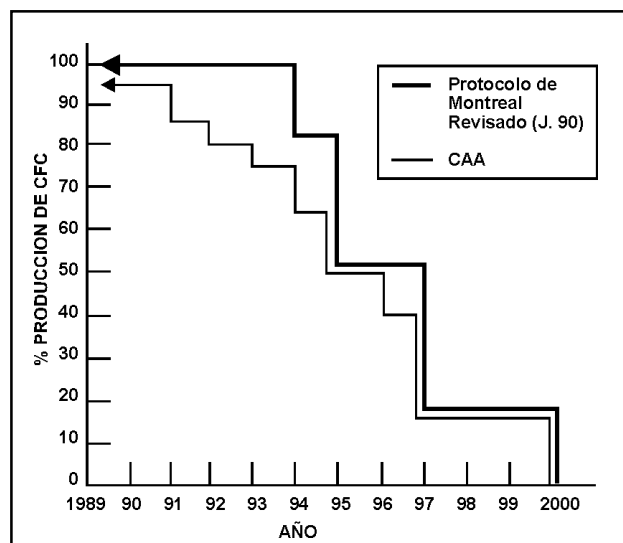


Figura 9.3-Defasamiento acelerado de los CFC'S.

de nuevos productos que sustituyeran los CFC's. Las alternativas eran compuestos con menos contenido de cloro, llamados hidroclorofluorocarbonos (HCFC) o sin contenido de cloro, llamados hidrofluorocarbonos (HFC). Ese mismo año (1990), ya se habían desarrollado a nivel experimental, los refrigerantes que podían sustituir al R-11 y al R-12, que son el R-123 y el R-134a respectivamente, cuyas propiedades termodinámicas son muy semejantes, pero como no contienen cloro, no deterioran la capa de ozono.

Tomando como base al R-11 y al R-12, a los cuales se les dio un valor de Potencial de Agotamiento de Ozono (ODP) de 1.0, el resto de los compuestos tienen valores fraccionarios o de cero. Además, para efecto de indicar

este potencial, se decidió que el número de identificación deberá estar precedido por letras para indicar la presencia de bromo (B), cloro (C), flúor (F) e hidrógeno (H), además del carbono, para el cual también se usa la letra C. Así, los clorofluorocarbonos (CFC's) son los que tienen el mayor potencial de ODP, tales como el 11, 12, 113, 114 y 115. Los hidroclorofluorocarbonos (HCFC's) aunque también contienen cloro, contienen uno o más átomos de hidrógeno, lo que los hace menos estables y les permite descomponerse más rápidamente en la atmósfera baja, antes de alcanzar la estratósfera; por lo que se les clasificó con un ODP fraccionario menor de 0.1. Entre estos refrigerantes, se encuentran el 22, 123, 124, 141b y 142b. Los hidrofluorocarbonos (HFC's) no contienen cloro y su ODP es de cero, tales son los casos del 125, 134a, 143a y 152a. Los HCFC's y los HFC's tienen tiempos de vida atmosféricos más reducidos, de entre 2 a 25 años, comparados con los CFC's que duran 100 o más años.

Los componentes halogenados que causan deterioro a la capa de ozono, fueron clasificados en dos clases:

CLASE I. Todas las sustancias que causan o contribuyen a dañar significativamente la capa de ozono, y que tienen un Potencial de Agotamiento de Ozono (ODP) mayor o igual a 0.2. Estas sustancias se separan en cinco grupos:

- Grupo I.** Todos los clorofluorocarbonos (CFC's); 11, 12, 113, 114, 115.
- Grupo II.** Compuestos con bromo (Halon 1211, 1301 y 2402).
- Grupo III.** Otros CFC's con uno, dos o tres átomos de carbono.
- Grupo IV.** Tetracloruro de carbono (CCl₄).
- Grupo V.** Metil cloroformo.

CLASE II. Aquellas sustancias que se conoce que causan efectos dañinos sobre la capa de ozono. Estas incluyen todos los isómeros de los hidroclorofluorocarbonos (HCF's) que tengan uno, dos o tres átomos de carbono.

En noviembre 15 de 1990, la Ley para Aire Limpio (CAA) emitió leyes que incluyen una sección titulada Protección del Ozono Estratosférico, la cual contiene reglamentaciones muy amplias sobre la producción y uso de CFC's, halones, tetracloruro de carbono, metilcloroformo y los sustitutos HCFC's y HFC's. Estas reglamentaciones, a cumplirse en los próximos 40 años, afectarán a toda industria que comúnmente emplee sustancias cloradas y brominadas que impacten el ozono estratosférico.

En la figura 9.3 se muestra cómo la citada ley aceleró el defasamiento en los Estados Unidos, comparado con el Protocolo de Montreal. Este cambio se debió a evidencias científicas, según las cuales el ozono se estaba agotando más rápidamente de lo que se había pensado.

Las mayores previsiones de la Ley Para Aire Limpio de los Estados Unidos incluyen:

- Programas para el defasamiento.
- Reciclado obligatorio a partir de julio de 1992, de los

refrigerantes usados en aire acondicionado automotriz, en los talleres de servicio.

- Prohibición de productos no esenciales.
- Requerimientos de etiquetas de advertencia.

Algunas de estas precauciones, tales como el reciclado de refrigerantes, tienen un impacto positivo en el ambiente, y ayudan a facilitar la difícil transición de los CFC's a sus alternativas.

Los HCFC's aunque tienen un bajo potencial de agotamiento de ozono, también están regulados como sigue:

- Producción congelada y uso limitado a equipo de refrigeración hasta el 1 de enero del 2015.
- Se permite su uso en equipos de refrigeración nuevos hasta el 1 de enero del 2020.
- Defasamiento total efectivo al 1 de enero del 2030.

En 1991 se desarrollaron, además, mezclas ternarias de refrigerantes para substituir al R-22, al R-500 y al R-502, por lo que, en la revisión del Protocolo en 1992, se decidió acelerar el defasamiento de los CFC's para el 31 de diciembre de 1995.

La EPA puede acelerar el defasamiento, si juzga que es necesario por razones ambientales o de salud, o si es requerido por el Protocolo de Montreal.

Las investigaciones continúan, y desde 1992, ya se tiene determinado cómo se pueden modificar los equipos existentes para aceptar los nuevos refrigerantes, tales como el R-134a y el R-123, los cuales no crean ningún efecto sobre el ozono. Las propiedades de estos refrigerantes nuevos se verán en el capítulo 12.

Recuperación y Reciclado de Refrigerantes

Debido a las leyes que gobiernan la liberación de refrigerantes clorofluorocarbonados (CFC's) hacia la atmósfera, ha tenido como consecuencia el desarrollo de procedimientos para recuperar, reciclar y volver a utilizar los refrigerantes.

La industria ha adoptado definiciones específicas para estos términos:

Recuperación - Remover el refrigerante de un sistema en cualquier condición que se encuentre, y almacenarlo en un recipiente externo, sin que sea necesario hacerle pruebas o procesarlo de cualquier manera.

Reciclado - Limpiar el refrigerante para volverlo a utilizar, para lo cual hay que separarle el aceite y pasarlo una o varias veces a través de dispositivos, tales como filtros deshidratadores de tipo recargable de bloques desecantes, lo cual reduce la humedad, la acidez y las impurezas. Este término, generalmente se aplica a procedimientos implementados en el sitio de trabajo, o en un taller de servicio local.

Reproceso - Reprocesar el refrigerante hasta las especificaciones de un producto nuevo por medios que pueden incluir la destilación. Esto requerirá análisis químicos del refrigerante, para determinar que se cumplan con las

especificaciones apropiadas del producto. Este término, generalmente se refiere al uso de procesos o procedimientos, disponibles solamente en instalaciones o plantas que tienen la facilidad de reprocesar o fabricar refrigerantes. Esto también abarca talleres de servicio que estén equipados con equipos altamente técnicos.

Muchas compañías han desarrollado el equipo necesario para los técnicos de servicio, a fin de evitar la liberación innecesaria de clorofluorocarbonos a la atmósfera.

Los equipos para recuperación y manejo de refrigerante, pueden dividirse en tres categorías:

1. Recuperación - Unidad que recupera o remueve el refrigerante.
2. Recuperación / Reciclado (R y R) - Unidad que recupera y recicla el refrigerante.
3. Reproceso - Unidad que reprocesa el refrigerante dentro de las normas de la Agencia de Protección Ambiental (EPA).

Equipo para Recuperar Refrigerante

Hay máquinas de recuperación disponibles en diferentes diseños. Las unidades pequeñas básicas, como la que se muestra en la figura 9.4 están diseñadas para usarse con R-12, R-22, R-500 y R-502, y para actuar como estaciones de recuperación, sin ventilación hacia la atmósfera.

El refrigerante es removido en su condición presente y almacenado en un cilindro desechable o transferible. Esta unidad remueve el aceite del refrigerante, y puede manejar vapor o líquido en un tiempo muy rápido. Después, el refrigerante puede reciclarse en el centro de servicio, o enviado a una estación de reproceso para reutilizarlo posteriormente.

Utilizando un dispositivo de recuperación de refrigerante, el técnico es capaz de remover refrigerante de sistemas pequeños de aire acondicionado, comerciales, automotrices y residenciales. Durante el proceso de recuperación, el refrigerante es removido del sistema en forma de vapor, utilizando la fuerza bombeadora de la máquina recuperadora, como se muestra en la figura 9.5.

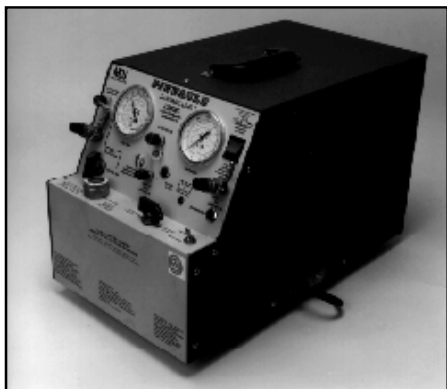


Figura 9.4 - Equipo exclusivamente para recuperación.

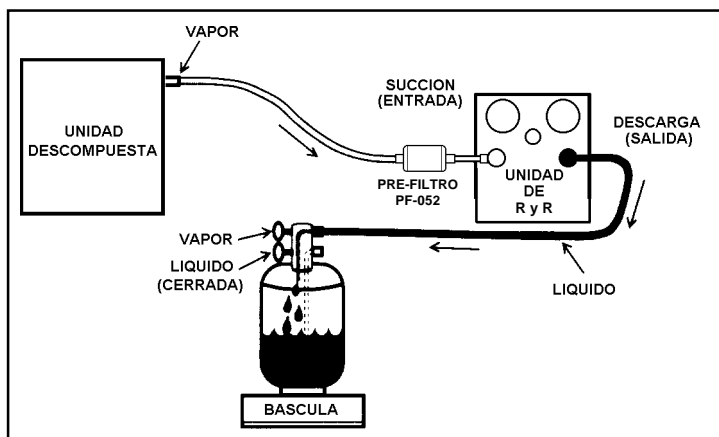


Figura 9.5 - Recuperación de vapor de refrigerante de un sistema.

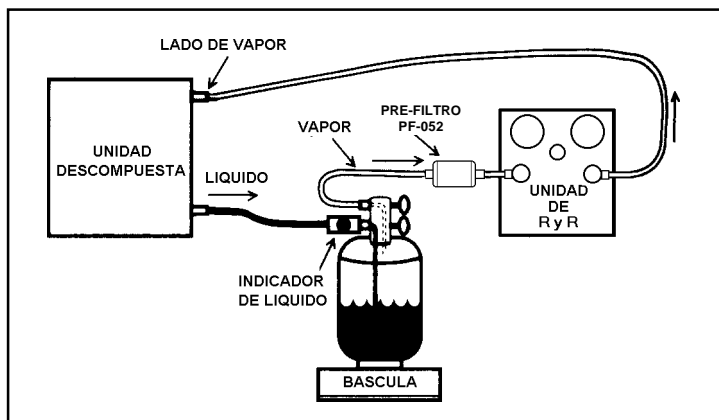


Figura 9.6 - Recuperación de refrigerante de un sistema utilizando un método de transferencia de líquido.

La recuperación es similar a la evacuación de un sistema con una bomba de vacío. Los procedimientos varían con cada fabricante. Básicamente, la manguera se conecta a un puerto de acceso en el lado de baja, hacia la válvula de succión de la unidad recuperadora. Una vez que la manguera de salida está conectada, el dispositivo de recuperación se arranca y comienza la recuperación. Algunas unidades tienen una señal para indicar cuando el proceso de recuperación ha terminado. Esto significa que el equipo de recuperación no está procesando más vapor. En algunas ocasiones, el dispositivo de recuperación cierra automáticamente el sistema de vacío.

Cuando se ha completado la recuperación, se cierra la válvula del lado de baja. El sistema deberá asentarse por lo menos 5 minutos. Si la presión se eleva a 10 psig o más, puede significar que quedaron bolsas de refrigerante líquido frío a través del sistema, y puede ser necesario reiniciar el proceso de recuperación.

Puesto que es mucho más rápido recuperar el refrigerante en fase líquida, que en fase vapor, el técnico puede preferir una máquina que remueva el refrigerante líquido. 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.

En la figura 9.6, se muestra un procedimiento para remover refrigerante mediante el concepto de transferencia de líquido. Este tipo de unidad de recuperación, requiere un cilindro con válvula de dos puertos.

La unidad de transferencia bombea el vapor de refrigerante de la parte superior del cilindro, y presuriza la unidad de refrigeración. La diferencia de presión entre el cilindro y la unidad, transfiere el refrigerante líquido hacia el cilindro. Una vez que se ha removido el líquido, el vapor restante es removido al cambiar las conexiones.

Se recomienda cambiar el aceite del compresor de la unidad de recuperación, después de la recuperación de un sistema quemado, o antes de la recuperación de un refrigerante diferente. También se recomienda que el filtro deshidratador se reemplace, y que las mangueras se purguen, antes de transferir un refrigerante diferente.

El técnico deberá asegurarse que no se sobrellene el cilindro. Lo normal es llenarlo al 80% de su capacidad. Conforme se va llenando el cilindro, deberá observarse la presión. Si la unidad de recuperación cuenta con indicador de líquido y humedad, deberá notarse cualquier cambio que ocurra.

Si el técnico utiliza un sistema que sólo recupera el refrigerante, la recarga puede llevarse a cabo de muchas maneras.

Equipo para Reciclar Refrigerante

En el pasado, para hacerle servicio a un sistema, lo típico era descargar el refrigerante a la atmósfera. Ahora, el refrigerante puede ser recuperado y reciclado mediante el uso de tecnología moderna. Sin embargo, los clorofluorocarbonos viejos o dañados, no pueden ser reutilizados simplemente por el hecho de removerlos de un sistema y comprimirlos. El vapor, para ser reutilizado, debe estar limpio. Las máquinas de recuperación/reciclado, como la que aparece en la figura 9.7, están diseñadas para recuperar y limpiar el refrigerante en el sitio de trabajo o en el taller de servicio. El reciclado como se realiza por la mayoría de las máquinas en el mercado actualmente, reduce los contaminantes a través de la separación del aceite y la filtración. Esto limpia el refrigerante, pero no necesariamente a las especificaciones de pureza originales del fabricante. El equipo que se muestra en la figura 9.7, es un sistema capaz de manejar los refrigerantes R-12, R-22, R-500 y R-502.

Muchas de estas unidades, conocidas como unidades de transferencias de refrigerante, están diseñadas para evacuar el sistema. Esto proporciona una máquina recicladora, capaz de regresar los refrigerantes reciclados a un mismo sistema. Algunas unidades tienen equipo para separar el aceite y el ácido, y para medir la cantidad de aceite en el vapor. El refrigerante usado puede reciclarse mediante la máquina recicladora, utilizando filtros deshidratadores

recargables de piedras, y otros dispositivos que reduzcan la humedad, partículas, acidez, etc. La separación de aceite del refrigerante usado, se lleva a cabo circulándolo una o varias veces a través de la unidad. La máquina recicladora de un solo paso, procesa el refrigerante a través de un filtro deshidratador o mediante el proceso de destilación. Lo pasa sólo una vez por el proceso de reciclado a través de la máquina, para luego transferirlo al cilindro de almacenamiento. La máquina de pasos múltiples, recircula varias veces el refrigerante a través del filtro deshidratador. Después de un período de tiempo determinado, o un cierto número de ciclos, el refrigerante es transferido hacia el cilindro de almacenamiento.

La unidad que se muestra en la figura 9.7, es una unidad portátil, pesa aproximadamente 39 kilos, y tiene una capacidad de almacenamiento interna de 3.6 kg. Su capacidad de almacenamiento externo es ilimitada. Opera como una unidad de recuperación / reciclado, y cuenta con un compresor de 1/2 caballo. Su capacidad de recuperación es de aproximadamente 900 g/min. de cualquiera de los refrigerantes.



Figura 9.7 - Equipo para recuperación y reciclado de refrigerantes 12, 22, 500 y 502.

En la parte del frente, tiene los manómetros de alta y baja presión, así como los puertos de acceso, válvulas, interruptores, selectores, luces indicadoras y el indicador de líquido y humedad. En la parte baja tienen los filtros deshidratadores.

En algunos equipos se puede recuperar refrigerante por ambos lados, baja y alta, al mismo tiempo. Este procedimiento evita restricciones a través de la válvula de expansión o tubo capilar. Si el técnico recupera solamente por uno de los lados, el resultado puede ser un tiempo excesivo de recuperación o una recuperación incompleta. Por lo tanto, las mangueras se conectan a los lados de alta y baja del sistema de recuperación, y luego a través del lado de alta y baja del sistema de refrigeración. Por ningún motivo deberá removerse líquido del sistema en forma continua. La unidad está diseñada para recuperar vapor. La recuperación inicial de refrigerante del lado de alta presión, será de aproximadamente 200 psig.

Al operar la unidad y llevar a cabo la recuperación de vapor, se alcanzará un punto cuando se haya completado la recuperación, lo cual será indicado al encenderse una lámpara.

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 necesitan. 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.

Normas de Seguridad para la Recuperación / Reciclado / Reproceso de los CFC's

Comúnmente, diferentes organizaciones ofrecen talleres para lograr un mejor entendimiento de los requerimientos sobre la recuperación y reproceso de los CFC's, tal como lo establecen los reglamentos de la EPA. Los mayores tópicos que se abarcan son el manejo, almacenamiento, transportación, procedimientos y equipos de recuperación, reglamentaciones para el almacenamiento y manejo de desechos peligrosos. También, es esencial que el técnico de servicio tenga un completo entendimiento, sobre la seguridad que involucra el manejo y almacenamiento de los refrigerantes. También se ofrecen programas de certificación aprobados por la EPA. Otras áreas que cubren la mayoría de estos cursos de capacitación, son los procedimientos para la remoción, pruebas básicas en el campo sobre la pureza de refrigerantes, aislamiento de los componentes del sistema para evitar que se escape el refrigerante, detección, aislamiento y reparación de fugas.

Es responsabilidad del técnico seguir los procedimientos de las prácticas de seguridad. Esto incluye el reemplazo de los filtros deshidratadores de líquido y succión. Si el

sistema sólo tiene uno, instale otro en el lado opuesto. Esto ayudará al proceso de purificación del refrigerante.

Los refrigerantes reciclados siguen una norma establecida por ARI (Air Conditioning and Refrigeration Institute), la norma ARI - 700.

Aire Acondicionado Automotriz

La sección 609 de la Ley para un Aire Puro de los Estados Unidos, establece los requerimientos con respecto a los acondicionadores de aire automotriz. Esta ley estableció que a partir del 1 de enero de 1992, ninguna persona que repare o dé servicio a vehículos automotores, podrá dar servicio a equipos de aire acondicionado automotriz, sin el uso adecuado de equipo aprobado para el reciclado de gas refrigerante.

Asimismo, ninguna persona podrá realizar tal servicio, a menos que haya sido adecuadamente entrenado y certificado para hacerlo. Para establecimientos que demuestren que realizaron tales servicios en menos de 100 vehículos en 1990, dicho requerimiento se hizo efectivo hasta el 1 de enero de 1993.

Precauciones al Utilizar Equipo de Recuperación y Reciclado

Todas las máquinas de recuperación vienen con un instructivo o manual de operación, donde aparecen las instrucciones sobre cómo operarlas. Sin embargo, aportan muy poco acerca de cómo aplicarlas e integrarlas.

Aplicar una máquina para recuperación y reproceso (R y R) es proceder de manera justa. Sin embargo, la otra opción, recuperar y recargar, debe considerarse muy cuidadosamente.

El primer punto que debe reconocerse es que los objetivos son:

1. Remover el refrigerante en el tiempo más corto posible.
2. Usar prácticas de servicio para proteger el sistema de contaminación potencial.

La contaminación potencial es con mucho, la parte de la operación más crítica y la más descuidada. La gran amenaza es el riesgo potencial de contaminar el refrigerante de una unidad a otra.

A menos que se apliquen adecuadamente, el mal uso de los equipos para R y R, puede volverse para la industria de la refrigeración, lo que las agujas hipodérmicas sucias serían a la profesión médica.

La contaminación cruzada puede ocurrir cada que se hace la recuperación en un sistema, utilizando otro sistema refrigerante y recargándolo con el mismo gas. Sin embargo, utilizando un poco de precaución, el problema puede evitarse.

Los Filtros Ayudan

La práctica de instalar filtros en cada sistema que se abra, ayudará a evitar algo de contaminación. Pero la mejor

defensa es reconocer cómo se puede propagar la contaminación, y cómo detenerla antes que suceda.

En las máquinas de R y R pueden ocurrir dos tipos de contaminación cruzada .

1. La mezcla de refrigerantes, lo cual puede ocurrir cuando un equipo de recuperación se usa con dos diferentes refrigerantes, sin una limpieza o preparación adecuada.
2. La introducción de ácidos u otros contaminantes al sistema. Esto puede originarse de un sistema diferente, de la misma máquina de R y R, o de sus tanques que actúan como campos de cultivo.

En ambos casos, el culpable principal en la contaminación cruzada es el aceite para refrigeración; ya sea el utilizado en la máquina de R y R, o el que deja en el tanque el refrigerante recuperado.

El problema y la solución yacen en la afinidad del aceite hacia los refrigerantes. A temperaturas normales, la única manera de separar el aceite es evaporando el refrigerante, y dejar el aceite y todo lo que pueda estar acarreado. También, el refrigerante es un solvente perfecto que acarrea el aceite de un lugar a otro.

Mezcla de Gases Diferentes

En el primer tipo de contaminación, la mezcla de refrigerantes, la manera más fácil de evitar esto es utilizando máquinas designadas (una para cada refrigerante).

Desafortunadamente, esto no siempre es posible. Si se va a utilizar la misma máquina sobre diferentes gases, se debe asegurar de que haya sido cuidadosamente limpiada, antes de usarla con un nuevo gas.

La mejor manera es cambiar el aceite (y filtros) antes de seguir adelante con otro gas.

Algunos fabricantes dicen que solamente se requiere hacer vacío antes de recuperar un gas diferente. Pero, si se hace esto, se recomienda que el vacío sea profundo y prolongado; ya que un vacío rápido, no necesariamente remueve todo el refrigerante disuelto en el aceite.

El otro tipo de contaminación cruzada, la introducción de contaminantes, es por mucho la peor de las dos, puesto que los ácidos pueden "crecer" dentro del sistema. La fuente de contaminantes más obvia, es la misma máquina de R y R. El lugar donde con más frecuencia puede ocurrir la contaminación, es en los tanques de recuperación, los cuales almacenan el gas mientras se hace la reparación.

Sobreviviendo a las Reprocesadoras

Algunas de las máquinas reprocesadoras son bastante buenas, no hay razón para dudar de su funcionamiento. Sin embargo, no todas han sobrevivido a sus reprocesos. Su potencial para acarrear o generar contaminantes surge de cuatro situaciones diferentes:

1. Debido a las altas relaciones de compresión y a las temperaturas generadas por los refrigerantes de alta presión, como el HCFC-22. Los separadores de aceite

de retorno sobre los cuales dependen algunas máquinas, pueden fallar, y dejar pasar vapor de aceite caliente hacia el tanque.

Para revisar su máquina, simplemente purgue algo de los no condensables del tanque inmediatamente después de la recuperación, poniendo al mismo tiempo un trapo frente a la válvula de purga. Si el separador de aceite ha trabajado bien, no quedará señal de aceite. En este caso, deberá inspeccionarse rutinariamente el nivel de aceite en el compresor, para asegurarse que no esté bajo. El nivel bajo de aceite acorta la vida útil de la unidad, y puede causar calor excesivo.

2. Puesto que una máquina de R y R, es por naturaleza un sistema de refrigeración, tiene el potencial de generar sus propios ácidos. Debido al desgaste que se genera en el compresor de la máquina de R y R, pueden romperse los devanados y también formarse ácido dentro del mismo compresor.

La mayor parte del destilado o de la separación de aceite ocurren antes de llegar a este punto; así que, cualquier contaminante generado por el dispositivo puede pasar al tanque, y entonces recargarse a la unidad. Esto puede controlarse mediante una bitácora de mantenimiento estricta, donde el aceite sea cambiado consistentemente.

3. 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. Durante el mantenimiento, la máquina deberá probarse contra fugas.

4. La máquina de R y R tiene el más alto potencial para la contaminación cruzada, a menos que se le dé mantenimiento regularmente. Los filtros completamente cargados, se derramarán al cambiar las temperaturas alrededor de los mismos.

Cuando se trate de filtros, vaya a la segura. Debe evaluar un cambio de filtro y de aceite con cada servicio. Aunque no se requiera, por lo menos lo protege.

Problemas de Vibración

Otro problema es que, debido a que algunas de estas máquinas son extremadamente ligeras, las vibraciones que generan cuando están trabajando, pueden ocasionar fugas excesivas, puesto que no hay suficiente masa para abatir esa vibración.

Tales fugas, pueden provocar que cantidades excesivas de no condensables, sean atraídas con los contaminantes.

La contaminación también puede extenderse a otros sistemas a partir de los tanques de recuperación. Los peores casos ocurrirán durante la recarga, desde tanques llenados por máquinas que sólo recuperan, ajustadas para desplazar primero líquido directamente hacia el tanque.

Es importante darse cuenta que este líquido contiene aceite, directamente del sistema al que se le está dando servicio; aceite que contiene una muestra de los contaminantes que pueda haber en el sistema.

El uso de pre-filtros ayudará de alguna manera. Pero es necesario darse cuenta que con filtros de pasos múltiples, una sola pasada no removerá todos los contaminantes, y conforme se vaya saturando el filtro, se volverá menos eficiente.

El peor escenario es, cuando el técnico que recupera de un sistema, hace la reparación necesaria, hace vacío al sistema, y entonces, después de dejar que la mitad de la carga sea transferida al sistema, utilizando el mismo vacío, arranca la unidad y recarga por el lado de baja usando vapor.

¿Es ésta la manera correcta de hacerlo? No.

Era la manera correcta cuando se usaba refrigerante nuevo para recargar el sistema. Esto no se aplica al refrigerante recuperado que contiene aceite.

El problema es que cuando se carga vapor de un tanque de recuperación, en el tanque se queda el aceite y todo lo que éste contiene. La primera vez que se usa un tanque, no habrá problema, pero la segunda vez, sí lo habrá.

El refrigerante líquido que entre al tanque del siguiente sistema a que se le vaya a dar servicio, se mezclará ahora completamente con el aceite y con todo lo que éste contiene, más lo que haya quedado en el tanque de la primera recuperación.

Ahora, cuando se cargue el líquido recuperado hacia el sistema reparado, parte de esta mezcla de aceite es arrastrada con el líquido hacia el sistema.

Cuando se vaya a cargar en vapor desde el tanque, la parte restante de ésta nueva mezcla, se quedará en espera de la siguiente carga de refrigerante que sea recuperado. Es difícil encontrar un mejor ejemplo de contaminación cruzada.

Reemplazando el Aceite

La solución es utilizar el mismo refrigerante para reemplazar todo el aceite que se haya removido de un sistema. Recargando totalmente con líquido, se puede evitar este problema del tanque contaminado, usando el mismo refrigerante como un solvente para limpiar el tanque.

Sin embargo, antes de hacerlo, veamos las mejores opciones para hacer esto.

La manera más segura para cargar con líquido, es con el compresor apagado. Se vuelve entonces importante apren-

der cómo sacar el mayor provecho del vacío hacia donde se está cargando.

Primero, verifique que el ventilador del evaporador esté apagado, especialmente en una unidad separada (split). Si se recarga con el ventilador encendido, todo lo que se hace es forzar calor adicional hacia el sistema, provocando que se evapore más líquido y se llene el sistema con gas, antes de que pueda entrar todo el líquido.

Hay que recordar que si está cargando líquido de su tanque con una manguera solamente, no es bueno dividir en dos mangueras su manifold. En realidad, se pierde algo de habilidad para cargar líquido, puesto que el cambio en volumen de una a dos mangueras, causa que cierta cantidad se evapore, desplazando el volumen del líquido que pudo haber tomado el sistema.

Para mejores resultados, siempre cargue líquido con una sola manguera hacia el condensador.

Ahora viene la parte difícil, cómo cargar líquido hacia un sistema en operación.

La mejor manera es a través del evaporador. Si se toma el tiempo para instalar una válvula de acceso adelante de la válvula del condensador o recibidor, mientras el sistema está abierto y se está reparando, el cargar líquido se vuelve extremadamente rápido y fácil.

Para cargar el líquido restante del tanque, empiece simplemente por cerrar la válvula, y deje que el diferencial de presión succione el líquido y aceite restantes del tanque. El líquido se evaporará completamente al pasar a través del evaporador.

La siguiente opción para cargar líquido a un sistema en operación, es midiéndolo. La manera más segura es comprar un dispositivo de carga de líquido a vapor.

Si cree que puede medirlo usted mismo cerrando ligeramente la válvula, se recomienda que por lo menos se ponga una mirilla en la línea, para verificar que no se está introduciendo líquido hacia el compresor.

Un beneficio adicional al cargar en forma líquida, es que permite purgar completamente los gases no condensables del tanque de recuperación, con menos de un 1% de pérdida.

Para hacer esto, simplemente se instala una mirilla en la línea del tanque, y se purga solamente después de que se ha ido el líquido. Realmente, la mejor manera de purgar los no condensables, es cuando no hay líquido presente.

Purgar el aire que pudiera haber pasado hacia el tanque de recuperación mientras hay líquido presente, es un esfuerzo en vano. La idea de que todo el aire está en la parte superior, es verdad solamente mientras el gas dentro del tanque está estancado. En el momento que se libera la presión al empezar a purgar el tanque, se crea una turbulencia que mezcla el vapor del refrigerante con el aire.

Adicional a este efecto, es el hecho de que la superficie del refrigerante comienza a vaporizar, debido a la baja de

presión. El mito común de que solamente se necesita purgar la parte superior del tanque, mientras se sostiene un detector de fugas frente a él, es ridículo.

Aún la costumbre de comparar temperatura contra presión, es riesgoso, puesto que está basado en la suposición de que el tanque del refrigerante puede tomar calor adecuadamente, en una proporción lo suficientemente rápida para mantener las lecturas exactas.

Con el nivel de vacíos propuesto por la EPA, la manera más segura para evitar que los no condensables se vuelvan a recargar, es manteniéndolos en el cilindro de recuperación, donde pueden ser tratados después que el líquido se haya ido.

Esto reduce grandemente la pérdida de refrigerante al purgar, puesto que no hay líquido que hierva que cause que se mezcle refrigerante extra con los no condensables al ser purgados.

La manera final de evitar la contaminación cruzada a través de los tanques, es tener un buen método de mantener los tanques organizados y limpios.

Cada vez que se remueva refrigerante de un sitio de trabajo, los refrigerantes deben ser consolidados en cilindros retornables con doble válvula. Esto permite recuperar y recargar, puesto que siempre se tiene la seguridad que el tanque en su camioneta está vacío.

La mejor manera para consolidar o vaciar un tanque de recuperación, es por gravedad. Esto permite vaciar el líquido del tanque, y al mismo tiempo, retener una carga de vapor dentro del mismo tanque. Para hacer esto, se debe construir un colgador que permita suspender el tanque de recuperación en forma invertida, por arriba del nivel del cilindro de reproceso.

Enseguida, conecte una manguera sin restricciones en el acceso del tanque de reproceso, marcado "líquido", y el otro extremo de la manguera al acceso del tanque de recuperación invertido, marcado "vapor".

Entonces se conecta una segunda manguera sin restricciones, entre el acceso del tanque de reproceso marcado "vapor", y el acceso del tanque de recuperación invertido, marcado "líquido". Se purgan las mangueras y se abren todas las válvulas. El líquido drenará hacia el cilindro de reproceso en una proporción de aproximadamente medio kilo por minuto, sacando todo el aceite y contaminantes del cilindro de recuperación. El líquido que sale del cilindro de recuperación invertido, es reemplazado por el vapor que viene de la parte superior del cilindro de reproceso.

La habilidad al recuperar refrigerante y luego recargarlo en la misma unidad, es una pieza importante en el problema de los CFC's.

Sin embargo, reconocer el potencial de los problemas, y establecer luego los procedimientos adecuados para evitarlos, es un buen primer paso en el tratamiento de estos.