

El Mantenimiento de Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado y la Certificación por Competencias Laborales

• Cartilla Didáctica •



Libertad y Orden

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial

República de Colombia

Basada en los conocimientos esenciales requeridos para obtener la certificación en la Norma de Competencia Laboral colombiana “Manejo ambiental de sustancias refrigerantes utilizadas en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado según la normatividad nacional e internacional”, Código 280501022, Versión 2, aprobada por la Mesa Sectorial de Mantenimiento en Diciembre de 2006.



Libertad y Orden

**Ministerio de Ambiente,
Vivienda y Desarrollo Territorial**

República de Colombia

Presidente de la República
Alvaro Uribe Velez

Ministro de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
Juan Lozano Ramírez

Viceministra de Ambiente
Claudia Patricia Mora Pineda

**Representante Residente Programa de las Naciones Unidas para el
Desarrollo –PNUD**
Bruno Moro

Director de Desarrollo Sectorial Sostenible
César Augusto Buitrago Gómez

Coordinador Nacional Unidad Técnica Ozono –UTO
Jorge Enrique Sánchez Segura

Jefe de Monitoreo y Seguimiento –UTO
Antonio Orozco Rojas

Coordinadores Sectoriales –UTO
Carlos Andrés Hernández Arias
Nidia Mercedes Pabón Tello

Coordinadora Certificación –UTO –PNE
Patricia Zúñiga Miño

COORDINADORES REGIONALES –UTO –PNE
Alexis Rodríguez Chacón, Claudia Milena Caicedo
Eduardo Franco Ochoa, Guillermo Alejandro Ramírez
Olga Esperanza Ortega, Omarly Acevedo
Rafael Hernán Rivera, Yesid Mejía Piñeres y Xiomara Ibeth Stavro

GRUPO ADMINISTRATIVO –UTO
Carlos Andrés Méndez, Myriam Cristina Jiménez
Sergio Alexander Salazar

DISEÑO Y DIAGRAMACION
José Roberto Arango, Wilson Garzón

Redacción a cargo de:
Patricia Zúñiga Miño, Ingeniera Ambiental
Consultora nacional en certificación, Unidad Técnica Ozono –UTO, Colombia.

Revisión a cargo de:

Arley Hernández, Ingeniero Mecánico, Instructor Área de soporte técnico, Mabe de Colombia S.A.; Edgar Baquero, Ingeniero Mecánico, Coordinador Área técnica, Asociación colombiana del acondicionamiento de Aire y de la Refrigeración –ACAIRE; Fernando del Castillo Uribe, Ingeniero Mecánico, Instructor de Sistemas de refrigeración, SENA Regional Distrito Capital; Harold Palacios, Administrador de Empresas, Jefe nacional de servicios, Indusel S.A. y Luz Elena Hoyos, Ingeniera Química, Gerente de operaciones, Calaires S.A.

La Unidad Técnica Ozono –UTO expresa su más sincero agradecimiento a los numerosos particulares y al personal de las entidades públicas cuyo valioso apoyo y asesoramiento han hecho posible la elaboración de esta cartilla.

El presente documento puede reproducirse, en parte o en su totalidad, sin consentimiento expreso, siempre y cuando la porción reproducida se atribuya al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

AVISO: El equipo responsable de esta publicación confía en la veracidad de la información contenida y la presenta de forma general y abreviada. La aplicación de las opciones que aquí se exponen, requiere un estudio más amplio de los distintos parámetros susceptibles de encontrarse en situaciones específicas, muchas de las cuales podrían no figurar en este documento. Los individuos o entidades que apliquen alguna de esas opciones, asumirán toda la responsabilidad tanto de la decisión, como de sus repercusiones. El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, la Unidad Técnica Ozono, la redactora y los revisores no asumen la responsabilidad de los resultados derivados del empleo o de la confianza depositada en la información, el material y los métodos descritos. Lo presente se aplica asimismo -y no de forma exclusiva- a cualquier reclamación relativa a la sanidad, la seguridad, las repercusiones medioambientales, la eficacia, los resultados o los costes que implique esta fuente de información.

ISBN: ????????

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1. Normas de Competencia Laboral - Titulación: Mantenimiento de Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado	1
2. La Certificación	1
3. El Grupo Unidad Técnica Ozono y el Proyecto de Certificación	1
4. Normatividad Nacional e Internacional	1
5. Sustancias Refrigerantes	1
6. Aceites utilizados en refrigeración	1
7. Recuperación y Reciclaje de los refrigerantes	1
8. Prácticas ambientales en los procedimientos de mantenimiento de Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado	1
9. Manuales del fabricante y hojas de seguridad	1
ANEXOS	1
• Norma de Competencia Laboral “Manejo ambiental de sustancias refrigerantes utilizadas en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado según la normatividad nacional e internacional”	1
• Proceso general para evaluar y certificar competencias laborales	1
• Herramienta rápida para detectar SAO	1
• Tabla Presión-Temperatura para refrigerantes	1
• Directorio Coordinadores regionales UTO	1
• Directorio centros de Formación SENA participantes	1
• Directorio unidades de atención ICONTEC	1
BIBLIOGRAFÍA	1

Introducción



Para cumplir con los compromisos asumidos por Colombia frente al Protocolo de Montreal, la Unidad Técnica Ozono –UTO– del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial adelanta la ejecución del Plan Nacional de Eliminación –PNE buscando facilitar la eliminación paulatina del consumo de cerca de 800 toneladas de Sustancias Agotadoras de la capa de Ozono –SAO, que actualmente importa el país.

El mantenimiento de los equipos de refrigeración y aire acondicionado es la actividad responsable de, aproximadamente, el 85 % del consumo actual de SAO en Colombia, del cual una fracción significativa es injustificado, resultado de la aplicación de malas prácticas, fugas y desperdicio en el uso de refrigerantes.

En el marco de implementación del PNE, el Proyecto de Certificación ha vinculado reconocidas certificadoras, entidades públicas y privadas de capacitación, empresas y talleres de mantenimiento y ha logrado la participación masiva de más de 4000 técnicos en todo el país dispuestos voluntariamente a certificar sus competencias laborales, verificando así el cumplimiento de las normas nacionales para realizar mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado, especialmente aquellas relacionadas con las prácticas que aseguran la protección de la capa de ozono.

Con diversas experiencias entre países firmantes del Protocolo de Montreal, el proceso de certificación a técnicos en Colombia se ha caracterizado por un trabajo regional, adelantado de la mano de las entidades ambientales, sensibilizando y motivando permanentemente al trabajador que se encarga de todas las actividades propias de un técnico de servicio.

Esta cartilla fue preparada por la UTO como herramienta de apoyo y consulta permanente para difundir las buenas prácticas ambientales entre las empresas, talleres y técnicos dedicados al mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado, pretendiendo crear conciencia sobre el agotamiento de la capa de ozono y el cambio climático, problemas ambientales mundiales que exigen el compromiso y aporte de todos los actores involucrados para lograr soluciones conjuntas.

La publicación apoyará el alistamiento y los planes de mejoramiento de los trabajadores que aspiren a certificarse en la Norma de Competencia Laboral colombiana “Manejo ambiental de sustancias refrigerantes utilizadas en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado según la normatividad nacional e internacional” y facilitará implementar las estrategias adoptadas por el país para disminuir el consumo de SAO, minimizando el impacto ambiental generado por el sector de mantenimiento.

La UTO confía en que la información presentada sea de utilidad no sólo para los técnicos sino también para las entidades públicas y privadas de capacitación, asociaciones y grandes consumidores que deseen iniciar actividades de concientización sobre el agotamiento de la capa de ozono.

Capítulo 1.

Normas de competencia laboral (NCL)- Titulación: Mantenimiento de Sistemas de Refrigeración y Aire Acondicionado

Para entender mejor...
primero conozcamos
los términos mas
importantes



1. Metodología para la elaboración de Normas de Competencia Laboral. SENA 2003.

2. Ibid. Pg 12.

1.1. Definiciones

1.1.1. Competencia

Conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes y aptitudes requeridas para lograr un resultado en un contexto determinado.

1.1.2. Competencia Laboral

Capacidad de una persona para desempeñar funciones productivas, en diferentes contextos, con base en los estándares de calidad establecidos por el sector productivo¹.

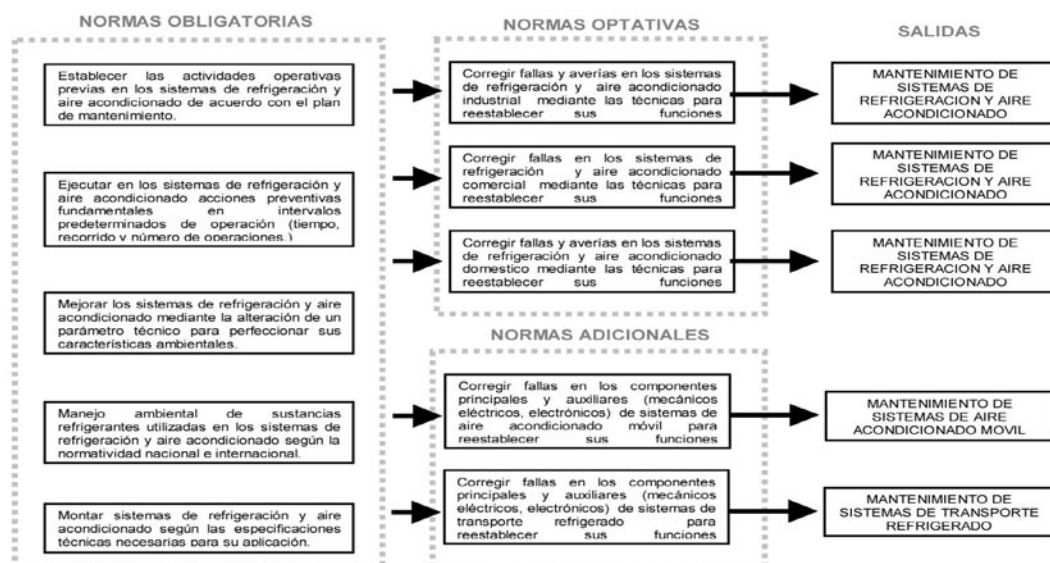
1.1.3. Norma de Competencia Laboral –NCL

Estándar reconocido por trabajadores y empresarios, que describe los resultados que un trabajador debe lograr en el desempeño de una función laboral, los contextos en que ocurre ese desempeño, los conocimientos que debe aplicar y las evidencias que debe presentar para demostrar su competencia².

1.1.4. Titulación

Conjunto de NCL que describe los desempeños competentes en un campo ocupacional o en una ocupación. Para el sector de Mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado se elaboró y aprobó la titulación “Mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado” compuesta por 10 normas de competencia laboral cuya estructura se ilustra en la Figura 1.

Figura 1. Estructura de la titulación
Mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado



1.2. Función

Las diez (10) NCL, aprobadas en noviembre de 2004, determinan los lineamientos necesarios para estandarizar las prácticas usuales durante la ejecución de un servicio de mantenimiento a sistemas de refrigeración y aire acondicionado y garantizan la aplicación de los principios requeridos para la protección de la capa de ozono. La estructura de las normas y su solidez jurídica están garantizadas por desarrollarse en el marco de trabajo establecido por el Gobierno Nacional para normas de Talento Humano y se convierten en una guía fundamental para el diseño de los planes curriculares dentro de la oferta educativa de las instituciones de capacitación colombianas, especialmente del SENA.

1.3. Metodología

Las NCL para el sector son el resultado del trabajo conjunto entre el SENA y la UTO y fueron elaboradas y concertadas con las principales empresas de refrigeración del país, gremios, entidades educativas, así como con representantes de los técnicos.

1.3.1. Mesa Sectorial

Las Mesas Sectoriales son instancias de concertación nacional lideradas por el SENA donde se proponen políticas de desarrollo de los recursos humanos y de formación y un marco nacional de calificaciones que facilitan el aprendizaje permanente y la empleabilidad mediante procesos de normalización, evaluación y certificación de las competencias laborales. Pueden estar compuestas por representantes de gremios, empresarios, trabajadores, gobierno, entidades educativas, centros de investigación y desarrollo tecnológico, entre otros.

Por medio de las Mesas Sectoriales se establecen los estándares de competencia que deben alcanzar las personas en sus distintos niveles y áreas ocupacionales. Estos estándares permitirán fomentar políticas de gestión de talento humano, iniciar programas nacionales de formación, evaluación y certificación de la calidad de los trabajadores e implementar, de ser necesario, acciones formativas.

y...¿para qué sirven las NCL en el mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado?

¿Cómo se logró elaborar y concertar las NCL para el oficio del mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado? Conformando un "equipo técnico", es decir un grupo de trabajo que opera al interior de la llamada "Mesa Sectorial de Mantenimiento"

1.3.2. Equipo Técnico

Grupo de trabajo conformado por personal experto de las empresas y organizaciones de trabajadores: empresarios, trabajadores, supervisores, profesionales y eventualmente clientes o proveedores. Su función principal es describir las competencias laborales de un área ocupacional priorizada en la Mesa Sectorial, con la asesoría de un experto metodológico.

1.3.3. Integrantes del Equipo técnico para el sector

Se realizó una selección cuidadosa de los participantes del equipo técnico, caracterizando al sector de la refrigeración en Colombia y convocando representantes de servicio técnico y mantenimiento de refrigeración comercial, doméstica, industrial, aire acondicionado vehicular y transporte refrigerado. Así mismo, se convocó a los gremios, asociaciones e instituciones educativas relacionadas con el sector. Las siguientes empresas y entidades hacen parte del equipo de trabajo que elaboró y validó las normas de competencia laboral para el sector:

Ahaire y Cia Ltda., Almacenes Éxito, Alpina S.A., AVR Ltda., Cafam, Calaires S.A., Carvel Ltda., Climatec, Challenger S.A., Electro Refrigeración, Friduart, Inducol, Indufrial, Indusel S.A., Industrias Haceb, Industrias Thermotar, J.P. Cía. Ltda., Mabe de Colombia S.A., Multifrío Ltda., Refritermo, RPH Ingeniería, Secar Ltda., Serdan, Serthek, Servirefraire S.A., Snowman, Symaa Ingeniería, Sutrak Ltda., Tecnifrío, Tecntermos Ltda., Whirpool de Colombia S.A., ANDI Cámara De Electrodomésticos, Asociación Colombiana del Acondicionamiento de Aire y de la Refrigeración - ACAIRE, Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente Barranquilla -DAMAB, Servicio Nacional de Aprendizaje -SENA, Unidad Técnica de Ozono - UTO - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Universidad América, Universidad Nacional de Colombia.

¿Qué es "hacer mantenimiento"?
Es asegurar que todo activo continúe desempeñando las funciones deseadas

1.4. Caracterización del sector de Mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado en Colombia

El SENA ha realizado un Estudio de Caracterización Sectorial que describe aspectos de organización, mercado laboral, oferta educativa, desarrollo tecnológico y económico del sector en el país. El estudio sirvió de referencia para indicar las funciones productivas relevantes del área y elaborar los estándares de competencia laboral.

Según este Estudio, el objetivo principal del mantenimiento es la conservación a través de la reparación, mantenimiento y mejoramiento de equipos, máquinas y herramientas requeridas por los diferentes sistemas de producción. Se precisa mantener confiabilidad, mantenibilidad, disponibilidad y longevidad de los equipos para así garantizar su funcionamiento y exactitud, asegurando lo que el cliente externo ha solicitado en las especificaciones de los productos. El mantenimiento significa la protección de la inversión, la garantía de producción, la seguridad de un servicio y obedece a una planificación adecuada donde se involucra al personal de la empresa, los proveedores y los contratistas. Los tipos de mantenimiento se clasifican en:

Mantenimiento predictivo o basado en la condición: consiste en inspeccionar los equipos a intervalos regulares y tomar acciones para prevenir las fallas o evitar las consecuencias de las mismas. Incluye tanto las inspecciones objetivas (con los instrumentos) y subjetivas (con los sentidos), como la reparación del defecto (falla potencial).

Mantenimiento preventivo o basado en el tiempo: consiste en reacondicionar o sustituir a intervalos regulares un equipo o sus componentes, independientemente de su estado en ese momento.

Mantenimiento detectivo o búsqueda de fallas: consiste en la inspección de las funciones ocultas, a intervalos regulares, para ver si han fallado y reacondicionarlas en caso de falla (falla funcional).

Mantenimiento correctivo o a la rotura: consiste en el reacondicionamiento o sustitución de partes en un equipo una vez que han fallado, es la reparación de la falla (falla funcional), ocurre de urgencia o emergencia.

Mantenimiento mejorativo o rediseños: consiste en la modificación o cambio de las condiciones originales del equipo o instalación. No es tarea de mantenimiento propiamente dicho.

El estilo de vida en las grandes ciudades, el consumo de alimentos, la mejora en los activos de los hogares y la actividad industrial implican una demanda de servicios de refrigeración, presionando toda la cadena de producción y generando un mercado secundario de mantenimiento y reparación del parque de neveras y, en general, de todo tipo de sistemas de frío instalados a lo largo y ancho del territorio nacional. El mercado colombiano ofrece los servicios de mantenimiento así:

- Talleres generales: dedicados a la atención de todo tipo de servicios relacionados con refrigeración doméstica, comercial y transporte refrigerado. Este tipo de talleres trabaja por demanda con una población flotante de técnicos empleados según el requerimiento del cliente.
- Talleres especializados para servicio de sistemas industriales: este tipo de talleres son atendidos por firmas de ingenieros dedicadas a mantenimiento industrial.
- Talleres autorizados para transporte refrigerado: se especializan en el montaje de paneles de poliuretano y el ensamblaje del sistema de refrigeración necesario para camiones que transportan carga refrigerada.
- Mantenimiento de aire acondicionado de vehículos: el servicio se proporciona a través de concesionarios, talleres de mecánica general y talleres especializados.
- Existe un gran grupo de técnicos informales. Estos técnicos no están vinculados a talleres o centros de servicio autorizados, trabajan de manera independiente, con una demanda irregular haciendo difícil su localización e identificación y por consiguiente su participación en procesos de formación-evaluación-certificación.. En su mayoría, no cuentan con una formación académica formal, aprendiendo las características propias del oficio de manera empírica. La práctica perfecciona su técnica y obtiene sus conocimientos trabajando como ayudante de un técnico tutor, que en muchos casos es un familiar o su empleador.

1.5. El Sistema Nacional de Formación para el Trabajo –SNFT –SENA

Es un organismo que vincula un conjunto de entidades que ofrecen formación técnica, tecnológica y de formación profesional, para la estructuración de la respuesta de formación, a partir de la identificación y definición de normas nacionales de competencia laboral, en procesos concertados con los actores sociales del país. Actúa en forma sistémica para hacer congruentes las ofertas de formación de las entidades que forman parte del sistema; articular sistemática y eficazmente la oferta, con las necesidades del mundo del trabajo y articularse con el sistema educativo formal, estableciendo mecanismos transparentes de equivalencias y homologaciones.

En Colombia... ¿en qué condiciones se ejerce el oficio?



El SNFT contribuye a superar las limitaciones de calidad y pertinencia y hace congruente la oferta de formación con las necesidades del sector productivo, teniendo como base y punto de partida la normalización de las competencias laborales de los trabajadores.

Capítulo 2.

La Certificación

2.1. ¿Para qué la Certificación?

La certificación de competencias laborales es el proceso mediante el cual un organismo certificador, investido de autoridad, testifica por medio de un documento escrito, que una persona ha demostrado la conformidad con una norma de competencia laboral colombiana y que es competente para el desempeño laboral. Con la certificación se espera garantizar que los técnicos tienen los conocimientos necesarios y verificar que aplican buenas prácticas en el mantenimiento para prevenir y minimizar los impactos que su labor genera al ambiente.

2.2. Evaluación de competencias laborales

Es el proceso por medio del cual un evaluador reconocido como tal, obtiene y analiza las evidencias del desempeño laboral de una persona con base en una NCL colombiana, para emitir el juicio de “competente” o “aún no competente”. La evaluación de competencias laborales se centra en el desempeño real de las personas, soportado por evidencias válidas y confiables frente al referente, que es la NCL. El proceso de evaluación, se desarrolla para ser aplicado a toda persona que solicite la certificación de sus competencias laborales, sin restricción alguna, independiente de cuándo y de qué manera adquirió la competencia.

El proceso de certificación no pretende descalificar a nadie, al contrario, incentiva el mejoramiento continuo del personal. Si el resultado de la evaluación infiere que el candidato es “aún no competente”, éste con la orientación de su evaluador, debe buscar alternativas que le permitan desarrollar las competencias faltantes, ya sea mediante procesos de formación, capacitación, autoformación o bien, con entrenamiento en la empresa. En los tiempos concertados con su evaluador, el candidato vuelve a presentar las evidencias de su competencia faltante.

¿Evaluación?...y... ¿qué
pasa si el candidato
no la aprueba?

2.3. ¿Cómo se demuestran las competencias laborales?

- Obtenga las NCL para mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado en las regionales del SENA, con los coordinadores regionales UTO o visite la página www.minambiente.gov.co en el link ozono. Lea cuidadosamente el texto y reconozca sus componentes.
- Realice un diagnóstico previo o auto – evaluación de sus conocimientos, con ello identificará sus fortalezas y debilidades y resolverá dudas.
- Si observa que no está suficientemente preparado para la certificación, puede adquirir las competencias que le faltan. Entidades formadoras como el SENA, gremios, universidades e institutos tecnológicos le ofrecerán los cursos y módulos necesarios para complementar sus conocimientos. Si encuentra que está preparado para ser evaluado, puede acudir a las entidades certificadoras e inscribirse, según los procedimientos establecidos por cada una de ellas y así, empezar el proceso.
- Con la asistencia de un evaluador y la aplicación de diferentes pruebas, usted podrá demostrar su capacidad de realizar el mantenimiento de un equipo de refrigeración o aire acondicionado, aplicando buenas prácticas en el manejo de refrigerantes. La evaluación evidenciará su aprendizaje y experiencia previa, reconociendo así sus conocimientos y aptitudes laborales.
- Si aprueba, y cumple con los requisitos de la entidad certificadora, recibirá un certificado que lo avala como un trabajador calificado y una persona comprometida en lograr un mundo mejor para todos.

2.4. El técnico y la Certificación

Los problemas ambientales tienen su origen en las actividades más cotidianas de la vida, conservar un alimento para su consumo exige varios equipos de refrigeración en óptimas condiciones, unos en su producción, otros en su transporte y venta, y uno en casa. Si cualquiera de estos equipos falla, se pone en riesgo la disponibilidad de víveres para el hogar, así de vital es su mantenimiento. Es en la prestación de este servicio donde las decisiones del técnico son esenciales no sólo para el arreglo del refrigerador sino para la conservación de la capa de ozono.

2.5. Beneficios previstos

Los beneficios previstos con la certificación son, entre otros:

- Se le reconoce al técnico los conocimientos y habilidades adquiridas en la práctica. Es decir, se le reconoce socialmente su competencia actual.
- Le permite al técnico identificar su situación frente al mercado laboral; orienta y facilita la búsqueda de empleo.
- A través de la certificación, el técnico puede desarrollar competencias claves: trabajar en equipo, colaborar, escuchar, adquirir pensamiento crítico, proponer solución a problemas, negociar, generar oportunidades para la formación flexible a lo largo de la vida, entre otras.
- De igual forma, le sirve para demostrar ante sus empleadores la calidad con la cual presta el servicio, facilitando la empleabilidad, estabilidad laboral y movilidad hacia otras áreas.
- El manejo ambiental de refrigerantes pasará de ser una actividad deseable, a una obligación, exigencia que no solo la hace el Estado sino los clientes, quienes incorporarán progresivamente la certificación como requisito para la contratación.

La certificación está dirigida a cualquier persona que realiza mantenimientos, servicios o reparaciones que pueden representar escapes o fugas a la atmósfera de sustancias refrigerantes



Capítulo 3.

El Grupo Unidad Técnica Ozono y el Proyecto de Certificación

Este Convenio fue un hito importante: las naciones llegaron a un acuerdo para hacer frente a un problema ambiental mundial antes que se sintieran sus efectos o se demostrara científicamente su existencia, lo que probablemente constituye el primer ejemplo de aceptación del "principio de precaución" en una importante negociación internacional

Nuestro país hace parte del Protocolo de Montreal, un acuerdo ambiental multilateral cuyo objetivo es eliminar el consumo de las llamadas SAO -sustancias agotadoras de la capa de ozono- en todo el mundo

3.1. El Convenio de Viena para la protección de la capa de ozono

El Convenio de Viena es un tratado internacional de carácter general para hacer frente al agotamiento del ozono. Inicialmente fue firmado por 28 países en marzo de 1985 y consagra el compromiso de cooperar en las investigaciones y la vigilancia; de compartir información sobre la producción y las emisiones de CFC y de adoptar protocolos de control cuando sea necesario. Hoy en día, 190 países hacen parte del Convenio de Viena.

3.2. Colombia en el Protocolo de Montreal

El 16 de septiembre de 1987, 46 países firmaron este acuerdo. La resolución de la problemática del deterioro de la capa de ozono obliga a que los países productores y consumidores asuman responsabilidades específicas para la eliminación de las SAO para lo cual el Protocolo de Montreal ha establecido cronogramas diferenciados para los países desarrollados y para los países en vía de desarrollo.

Colombia aprueba el Protocolo de Montreal en 1992 mediante la ley 29 del Congreso Nacional. El gobierno, la industria y la academia se reúnen, preparan y presentan, en 1994, el Programa País, documento oficial que expone un diagnóstico referente al uso de SAO en Colombia: fabricación, distribución del consumo, sectores consumidores, entre otros. En el mismo año se crea la Unidad Técnica Ozono –UTO.

3.3. El Grupo Unidad Técnica Ozono



Desde 1994, la UTO, conformada por ingenieros especializados en la gestión de proyectos y personal de apoyo administrativo, ha generado una serie de acciones que pretenden la eliminación paulatina de las SAO utilizadas por los diferentes sectores productivos. Gracias al trabajo adelantado por la UTO, la refrigeración doméstica y las grandes y medianas empresas de refrigeración comercial se han cambiado a tecnologías libres de CFC y la mayoría de las empresas que manejan espumas de poliuretano están trabajando con sistemas basados en HCFC-141b, la alternativa más común al CFC-11. En cifras, el país ha

reducido su consumo de más de 2.200 toneladas anuales de CFC a menos de 690 toneladas, proyectadas al cierre del año 2006. Esta reducción ha significado recursos gestionados por más de 15 millones de dólares y 51 proyectos desarrollados.

3.4. Las obligaciones que todo tenemos

Los interesados en el cumplimiento de los compromisos de nuestro país frente al Protocolo de Montreal somos todos: las entidades del Estado, las empresas que importan, producen y/o utilizan SAO y productos y/o equipos que las contienen, los técnicos que utilizan SAO para labores de mantenimiento, las entidades de capacitación, los consumidores y la comunidad en general.

3.4.1. Legislación.

A partir de la firma del Convenio de Viena, el país ha venido preparando y estudiando el marco jurídico que nos va a permitir asegurar el cumplimiento de todos los compromisos. Se han expedido leyes, decretos, resoluciones y circulares externas mediante las cuales se han aprobado el Protocolo de Montreal y sus enmiendas y se han establecido las medidas para controlar las importaciones, exportaciones y uso de las diferentes SAO, así como los requisitos para la fabricación de productos y equipos que pueden utilizar SAO. Existe normatividad específica para cada sector y para cada sustancia SAO que debe ser conocida y cumplida por todos los actores involucrados.

3.4.2. Tráfico Ilegal.

A medida que las fechas de cumplimiento de los cronogramas de reducción y eliminación de SAO se acercan, van apareciendo más restricciones al comercio de estas sustancias y de los productos y equipos que pueden contenerlas, situación que hace más atractivo el negocio del tráfico ilegal. Es obligación de todos, es especial de los funcionarios del Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, de la DIAN, de las entidades ambientales, de las sociedades de intermediación aduanera y de las empresas importadoras y comercializadoras de SAO, estar alertas y denunciar cualquier irregularidad en los procesos de importación y exportación de estas mercancías. La comercialización ilegal de las SAO no solamente afecta a las empresas y trabajadores colombianos que cumplen con toda la normatividad sino que pone en riesgo los compromisos de Colombia frente al mundo. La UTO desarrolló un proyecto de capacitación en el control del comercio de SAO y se encuentra implementando una estrategia nacional para prevenir y controlar el tráfico ilícito.

3.4.3. Divulgación.

En la medida en que la problemática del agotamiento de la capa de ozono y los esfuerzos realizados por los Gobiernos para atacar este problema sean conocidos por todos, será cada

Para la implementación de los acuerdos y compromisos establecidos en el Protocolo de Montreal, el Gobierno Nacional con el apoyo de las Naciones Unidas constituyen el Grupo Unidad Técnica Ozono -UTO- del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.



vez más fácil poder avanzar en la eliminación de las SAO. La UTO realiza divulgación del tema ozono dirigida a las empresas, trabajadores y los usuarios de productos y equipos que pueden utilizar SAO, a las entidades del Estado, a las agremiaciones, a las instituciones de capacitación y a la comunidad en general, con el propósito de crear la conciencia que este problema nos afecta a todos y que las acciones realizadas en el presente, serán agradecidas por las generaciones futuras. Las actividades realizadas incluyen la organización, participación y asistencia a seminarios y talleres de capacitación; distribución de material ilustrativo como revistas, volantes, libros, manuales, videos; campañas publicitarias; celebración del día mundial de la protección de la capa de ozono, el día 16 de septiembre de cada año y la página web para ozono en la dirección: <http://.minambiente.gov.co>

3.4.4. Regionalización.

La UTO espera apoyar a las principales regiones del país en la implementación de los proyectos. 9 coordinadores están al frente de igual número de unidades regionales, generando cubrimiento en el 80% de los departamentos. Su labor consiste en determinar donde se encuentra focalizado el consumo, que tipo de industria lo esta demandando, cuales son los canales de distribución para poder controlar el mercado ilícito y cuales son las empresas de mantenimiento y técnicos involucrados en este mercado. Las Regionales UTO trabajan conjuntamente con las autoridades ambientales locales y mantienen una estrecha relación con los talleres de servicio en refrigeración, las aduanas y los importadores y comercializadores de sustancias refrigerantes (Ver anexo IV: directorio de coordinadores regionales UTO).

Figura 2. Regionales UTO



Fuente: Archivo UTO

3.4.5. Plan Nacional de Eliminación -PNE de sustancias agotadoras de ozono.

El PNE, proyecto aprobado en el año 2004, presenta un conjunto de estrategias diseñadas para el control de uso y la sustitución definitiva de las SAO en los sectores del país donde aún se tiene consumo. Este plan debe facilitar la eliminación paulatina de las cerca de 800 toneladas de SAO que actualmente importa Colombia, conforme a los compromisos frente al Protocolo de Montreal, los cuales implican una eliminación de las importaciones de SAO del 50% para el año 2005; del 85% para el 2007 y del 100% para el 2010.

¿Qué estrategias propone el Plan Nacional de Eliminación?

- Lograr la sustitución de los CFC en las empresas aún no reconvertidas y que operan en el sector de fabricación de refrigeradores comerciales.
- Establecer y operar propuestas para la disminución del uso de los CFC en el sector de Mantenimiento en refrigeración y aire acondicionado, incluyendo el Proyecto de Certificación.
- Eliminar las importaciones de halones (sustancias para el control de incendios).
- Implementar un sistema de monitoreo y de asistencia técnica para los proyectos desarrollados en las regiones.

3.4.6. El Proyecto de Certificación

3.4.6.1. Objetivo

La UTO, a través de la implementación del Proyecto de Certificación, busca apoyar la gestión de los organismos acreditados para certificar competencias laborales en el país, con el fin de establecer sistemas de certificación que verifiquen el cumplimiento de las normas nacionales para realizar mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado, especialmente aquellas relacionadas con las prácticas que aseguran la protección de la capa de ozono.

La certificación de las personas que realizan mantenimiento a sistemas de refrigeración y aire acondicionado es una de las estrategias que el Plan Nacional de Eliminación propone para el sector



¿Dónde puede acudir un trabajador para certificar sus competencias laborales? Dos entidades ofrecen sus servicios: SENA e ICONTEC



3.4.6.2. Certificadoras

Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA: con la creación del Sistema Nacional de Formación para el Trabajo y según el decreto 933 de abril de 2003, el SENA es la institución oficial encargada de regular, diseñar, normalizar y certificar las competencias laborales en Colombia. Su misión incluye también el desarrollo y consolidación de sistemas de educación y formación articulados y coordinados, requeridos por el mercado de trabajo. Tiene presencia nacional, con una dirección general y un conjunto de sedes regionales. A la fecha, 40 centros de Formación, en igual número de ciudades, tienen oferta de certificación para el sector (Ver Anexo IV).



Instituto Colombiano de Normas Técnicas – ICONTEC: organismo de carácter privado, sin ánimo de lucro. Está conformado por la vinculación voluntaria de todas aquellas personas jurídicas que tengan interés en fomentar la Normalización, la Certificación, la Metrología y la Gestión de Calidad en Colombia. Ha sido acreditado por la Superintendencia de Industria y Comercio como organismo de certificación de competencias laborales. Así mismo, según decreto 2746 de 1984, ratificado por el decreto 2269 de 1993, es el Organismo Nacional de Normalización.



3.4.6.3. Avances y Resultados

- Dos certificadoras: SENA e ICONTEC con oferta de certificación en las NCL para el sector.
- 8 talleres regionales de formación de evaluadores en los cuales se logró 255 evaluadores formados y certificados, técnicos expertos pertenecientes a empresas de mantenimiento, centros de formación del SENA, institutos de capacitación o entidades ambientales, con presencia en 40 municipios de Colombia.
- 120 instrumentos de evaluación validados y listos para aplicar en los procesos de evaluación de las normas obligatorias de la titulación “Mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado”.
- 40 centros certificadores SENA, en igual número de ciudades, preparados para atender la demanda de Certificación de las empresas y talleres de mantenimiento participantes del proyecto.
- 2100 técnicos vinculados a 300 empresas y talleres de mantenimiento, inscritos en grupos piloto como candidatos al proceso de evaluación – certificación por competencias en los diferentes centros SENA.
- Un proyecto nacional formulado en alianza con la dirección del SENA para que los centros de Formación participantes atiendan la evaluación y certificación por competencias laborales de trabajadores independientes o desempleados, con una meta de 1500 personas certificadas, en al menos, 2 NCL incluida la norma ambiental.
- 47 instructores de refrigeración actualizados en prácticas ambientales para evaluar y/o capacitar en la norma ambiental.
- Más de 1200 trabajadores certificados en la norma “Manejo ambiental de sustancias refrigerantes”, prestando sus servicios en las principales ciudades del país.



La consolidación del proceso de regionalización ha permitido que los coordinadores de la UTO realicen con efectividad las labores de caracterización, convocatoria, registro y sensibilización de las empresas y los diferentes grupos de técnicos dispuestos a certificarse, facilitando el acercamiento entre el técnico y las certificadoras. Se han identificado aproximadamente 6000 personas en todo el país dedicadas al oficio y se han sensibilizado y registrado cerca de 4000 de ellos. Así mismo, se ha logrado generar participación de las diferentes autoridades ambientales en el ámbito nacional y regional para garantizar el cumplimiento de las normas y facilitar la cobertura de la certificación. El proyecto prevé impulsar la certificación de los técnicos en la Norma “Manejo ambiental de sustancias refrigerantes, según la normatividad nacional e internacional vigente” y aportar la gestión necesaria para apoyar la certificación en la totalidad de las normas que la Titulación propone.

Capítulo 4.

Normatividad Nacional e Internacional

4.1. Constitución Nacional

Llamada “norma de normas”. Es un conjunto de normas de carácter superior que determinan la organización básica del Estado, los principios a los que debe obedecer su funcionamiento y las relaciones con los particulares. Su contenido se cifra en la exigibilidad de los principios, valores, fines y derechos de los ciudadanos.

4.1.1. Capítulo 3, Artículo 80

Objetivo: la Constitución Nacional promulga que es obligación del Estado planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. El Estado debe prevenir y controlar todos los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales, exigir la reparación de los daños causados y cooperar con otras naciones en la protección de los ecosistemas.

Alcance: aplica para todos los factores ambientales y ecológicos dentro del territorio nacional. Es nuestro derecho exigir al Estado y a las instituciones que lo conforman las condiciones y garantías para cumplir la Constitución y proteger nuestros recursos naturales, agua, suelo, aire y demás.

4.1.2. Capítulo 5, Artículo 95, Numeral 8

Objetivo: según la Constitución, es deber de cada colombiano proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano.

Alcance: aplica para todos los factores ambientales y ecológicos de los ecosistemas del territorio nacional. Como ciudadanos de este país somos responsables y partícipes de la

conservación del medio ambiente y de contribuir en la reparación de los daños que le causemos. Las personas que realizan mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado, en las labores diarias de su oficio, deben velar por la conservación de los recursos y evitar acciones que atenten contra el medio ambiente; de no ser así, el Estado impondrá sanciones.

4.2. Tratados internacionales

4.2.1. Protocolo de Montreal y sus enmiendas

Objetivo: el Protocolo de Montreal es un acuerdo ambiental multilateral con un régimen de cumplimiento estricto que se desarrolló con el objeto de establecer las acciones y mecanismos para reducir y eliminar las sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO) en el mundo. Entró en vigencia el 1 de enero de 1989. Hoy en día, 189 países hacen parte del Protocolo de Montreal y se han comprometido a eliminar el consumo y la producción de SAO conforme a este tratado.

Alcance: aplica para todas las sustancias químicas que científicamente estén relacionadas con el agotamiento de la capa de ozono. Con los ajustes y enmiendas que ha tenido, controla el uso de 98 SAO, además de los equipos que, para su fabricación y funcionamiento, las requieren. Tiene aplicación para los países que lo han ratificado y han ratificado cada una de sus enmiendas.

Enmiendas y ajustes: el Protocolo de Montreal está sujeto a cambios que reflejen los avances tecnológicos, descubrimientos científicos y aspectos económicos coyunturales relacionados con la problemática del agotamiento de la capa de ozono.

Los ajustes del Protocolo de Montreal pueden modificar los calendarios de eliminación de las sustancias ya controladas así como los valores de potencial de agotamiento de ozono –PAO. Se aplican automática y obligatoriamente a todos los países que ha ratificado el Protocolo o la enmienda pertinente que introdujo la sustancia controlada.

Las enmiendas al Protocolo de Montreal pueden introducir medidas de control para nuevas SAO. Son obligatorias sólo después de su ratificación.

Tabla 1. Enmiendas del Protocolo de Montreal

Enmienda	Año
De Londres	1990
De Copenhague	1992
De Montreal	1997
De Beijing	1999

Fuente: PNUMA 2001. www.unep.org

4.2.1.1. Medidas de control establecidas y Cronograma de eliminación

Las principales obligaciones de los países que son parte del Protocolo de Montreal surgen precisamente de las medidas de control impuestas. Los Estados parte deben cumplir con las fechas establecidas en un cronograma, tanto para la eliminación del consumo y producción de las SAO, como para su importación y exportación con países que no sean parte del Protocolo o de alguna de sus enmiendas.

El Protocolo de Montreal puede sufrir cambios o modificaciones a través de las llamadas "enmiendas" y "ajustes"



El Protocolo de Montreal se basa en el principio preventivo que permite a la comunidad mundial tomar medidas aún antes que todas las preguntas científicas, técnicas y económicas hayan sido resueltas en su totalidad

Las obligaciones de congelación y eliminación para los países en desarrollo denominados por el Protocolo “Artículo 5”, toman en cuenta que estos países no suelen tener fácil acceso a tecnologías alternativas, conocimientos técnicos e inversiones de capital y por consiguiente sus calendarios de congelación y eliminación se encuentran atrasados con respecto al de los países desarrollados, llamados “Artículo 2”. Esta diferencia permite proveer apoyo técnico y práctico a los países del artículo 5 para asegurar una transición paulatina hacia tecnologías que no empleen SAO.

Tabla 2. Cronograma de eliminación de SAO

Anexo	Tipo de SAO	Año para primera medida de control para países que operan al amparo del artículo 5	Año de eliminación definitiva para países que operan al amparo del artículo 5
A-I	CFC (5 principales)	1999 –Congelación de producción y/o importación	2010
A-II	Halones	2002 –Congelación de producción y/o importación	2010
B-I	Otros CFC	2003 -Reducción del 20% del consumo	2010
B-II	Tetracloruro de carbono	2005 -Reducción del 85% del consumo	2010
B-III	Metilcloroformo	2003 –Congelación de producción y/o importación	2015
C-I	HCFC	2016 –Congelación de producción y/o importación	2040
C-II	HBFC		1996
C-III	Bromoclorometano		2002
E	Bromuro de metilo		2015

Fuente: PNUMA 2001. www.uneptie.org

Para el metilcloroformo y bromuro de metilo el año de eliminación es el 2015. Para el caso de los HCFC o hidroclorohalogenados se debe congelar el consumo en el año 2016 y se espera lograr su eliminación definitiva en el año 2040.

4.2.1.2. Consecuencias del incumplimiento

Las Partes del Protocolo han adoptado una serie de acciones frente al incumplimiento de un país miembro. Entre otras, las siguientes:

- Prestar asistencia adecuada cuando el país indique las dificultades para lograr cumplir con sus obligaciones
- Formular advertencias
- Establecer barreras comerciales
- Imponer sanciones económicas
- Suspender derechos y/o privilegios concretos en el marco del Protocolo.

4.2.2. Protocolo de Kyoto

Objetivo: es un tratado internacional cuyo objetivo principal es disminuir el cambio climático causado por la actividad humana y manifiesto a través del llamado “efecto invernadero”. El

¿Cuáles son las obligaciones de Colombia? Según el Cronograma, nuestro país, Artículo 5 en el Protocolo, debe demostrar en el año 2010 la eliminación total del consumo de CFC, halones y tetracloruro de carbono



Protocolo de Kyoto impone compromisos cuantificados de limitación y reducción de las emisiones de seis gases presentes en la atmósfera, denominados “gases efecto invernadero” que ocasionan calentamiento global. El Protocolo entró en vigor el 16 de febrero del año 2005 y ha sido ratificado por 141 países, entre ellos 30 industrializados.

Alcance: para lograr reducir un 5,2% las emisiones de gases de efecto invernadero globales sobre los niveles de 1990 para el periodo 2008-2012, este Protocolo obliga a los países industrializados a disminuir el uso de energías fósiles, como el carbón, el petróleo y el gas y desincentiva el uso de refrigerantes como el CFC-12 y el HFC 134a. Los países del sur tienen obligación de hacer un inventario de sus emisiones y pueden participar a través de los mecanismos propuestos por el Protocolo: Comercio de derechos de emisión, Mecanismos de Implementación Conjunta y Mecanismos de Desarrollo Limpio.

4.3. Legislación nacional

4.3.1. Ley 29 de 1992

Objetivo: con esta ley se adoptó en nuestro país el Protocolo de Montreal, relativo a las sustancias agotadoras de la capa de ozono, suscrito en Montreal el 16 de septiembre de 1987 con su enmienda adoptada en Londres -en 1990- y ajuste de Nairobi -en 1991-. Esta ley fue aprobada por el Congreso de la República.

Alcance: la participación de Colombia en el Protocolo de Montreal es ley de la República y como tal, obliga al país y a todos los colombianos a cumplir con los compromisos adquiridos bajo las directrices del Protocolo. Esta ley se constituye en el marco general para implementar las estrategias nacionales para eliminar el consumo de SAO.

4.3.2. Resolución 528 de 1997

Objetivo: esta resolución prohíbe la producción de refrigeradores, congeladores y combinación de refrigerador - congelador, de uso doméstico, que contengan o requieran para su producción u operación clorofluorocarbonos (CFC), y fija requisitos para la importación de los mismos equipos. Aprobada conjuntamente por el Ministerio del Medio Ambiente y el Ministerio de Comercio Exterior.

Alcance: aplica para todos aquellos fabricantes nacionales de equipos de refrigeración y congelación de uso doméstico y para las empresas importadoras de estos equipos.

4.3.3. Resolución 304 de 2001 y Resolución 734 de 2004

Objetivo: la resolución 304 de 2001 emanada del Ministerio de Ambiente y el Ministerio de Comercio Exterior, modificada por la Resolución 734 de 2004, establece cupos anuales para las importaciones de CFC, y el mecanismo de control para asignación de los cupos de importación.

Alcance: aplica para las empresas nacionales importadoras de CFC en cualquier presentación.

4.3.4. Decreto 4741 de 2005

Objeto: busca prevenir la generación de residuos o desechos peligrosos, así como regular el manejo de los residuos o desechos generados, con el fin de proteger la salud humana y el ambiente.

Alcance: las disposiciones se aplican en el territorio nacional a las personas que generen, gestionen o manejen residuos o desechos peligrosos. Obliga a todas las personas que manejan sustancias químicas peligrosas para el medio ambiente a conocer y aplicar medidas en cuanto



Los gases “efecto invernadero” son el Dióxido de carbono (CO₂), Metano (CH₄), Óxidos de nitrógeno (NO_x), Perfluorurocarbono (PFC), Hexafluoruro de azufre (SF₆) y los Hidrofluorocarbonos (HFC) -como por ejemplo el refrigerante R-134a-

a la generación y manejo de las sustancias residuales. En el caso del sector, aplica para las sustancias refrigerantes residuales producto del uso de los diferentes refrigerantes utilizados en los servicios de mantenimiento de sistemas de refrigeración y aire acondicionado-, que, al final, se convierten en un peligro eminente para el medio ambiente y en especial para el deterioro de la capa de ozono.

4.4. Normas técnicas internacionales

4.4.1. ANSI/ASHRAE 34

Objetivo: el American Standard ANSI / ASHRAE 34 publicado en el año 2001 y titulado “Designation and Safety Classification of Refrigerants” es una clasificación que permite asignar de forma clara y con reconocimiento internacional los nombres y grupos de seguridad de todos los refrigerantes usados, según su composición química.

Alcance: aplica para todos los refrigerantes usados según su composición química. La clasificación está más ampliamente detallada en el numeral 5.2 de esta cartilla.

4.4.2. ISO: 7,10, 22, 32, 68, 220

Objetivo: la Organización Internacional para la Estandarización (ISO) estableció desde 1975 el sistema para especificar la viscosidad de los aceites industriales mediante un número estándar que se agrega al final del nombre de todos los aceites industriales, incluidos los usados en refrigeración.

Alcance: aplica a todos los aceites industriales, incluidos los usados en refrigeración. Si desea profundizar más en el tema de aceites remítase al numeral 6 de esta cartilla.

4.4.3. ARI 740 , ISO 11650

Objetivo: el Instituto de Refrigeración y Aire Acondicionado (ARI) de los Estados Unidos formuló este estándar para establecer métodos de prueba con el fin de definir y evaluar el funcionamiento de equipos de recuperación y/o reciclaje frente a niveles de pureza o contaminación, capacidad, velocidad y pérdidas por purga para minimizar la emisión a la atmósfera de refrigerantes de referencia.

Alcance: aplica para equipos de recuperación y/o reciclaje de refrigerantes puros, mezclas azeotrópicas y zeotrópicas y sus contaminantes normales presentes en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado. Este estándar define el equipo de prueba, procedimientos de muestreo y técnicas analíticas que serán usados para determinar el funcionamiento del equipo de recuperación y/o reciclaje de refrigerantes hidrocarburos halogenados y mezclas que contienen hidrocarburos halogenados. La última versión publicada es de 1998.

La ISO 11650 de 1999 es, en esencia, igual a la ARI 740

4.4.4. Guía Q – ARI

Objetivo: esta guía de referencia, expedida por el Instituto de Refrigeración y Aire Acondicionado –ARI- de los Estados Unidos, sobre recuperación de contenido y reciclaje apropiado de cilindros de refrigerante ofrece un procedimiento para recuperar el contenido y posterior reciclaje de cilindros.

Alcance: se puede aplicar para los cilindros de refrigerante halogenado rellenables y no rellenables –desechables-, que cumplen especificaciones del Departamento de Transporte Americano –DOT, con capacidad mayor a 8 libras de agua y usados para transportar refrigerante vendido en los Estados Unidos.

4.4.5. Guía K – ARI

Objetivo: esta guía de referencia, expedida por el Instituto de Refrigeración y Aire Acondicionado –ARI- de los Estados Unidos, trata sobre recipientes o contenedores para refrigerantes halogenados no inflamables recuperados y describe buenas prácticas, útiles para quienes suministran, usan, almacenan y transportan este tipo de recipientes.

Alcance: aplica para recipientes con presiones de servicio no mayor a 400 psig en almacenamiento y transporte de refrigerantes halogenados no inflamables recuperados. No aplica para recipientes a presión fabricados con las especificaciones de la American Society of Mechanical Engineers –ASME- que no hayan sido aprobados por el Departamento de Transporte Americano –DOT.

4.4.6. Guía N - ARI

Objetivo: esta guía de referencia, expedida por el Instituto de Refrigeración y Aire Acondicionado (ARI) de los Estados Unidos, asigna colores para los recipientes de refrigerantes. Así mismo, establece definiciones y consideraciones básicas para el desarrollo de la guía de colores y sus criterios de asignación.

Alcance: aplica para identificar por colores los envases y/o cilindros de refrigerantes usados corrientemente y producidos en cantidades significativas.

Esta guía NO aplica para cilindros de almacenamiento y/o transporte de refrigerantes halogenados recuperados. En este caso se puede consultar la Guía K – ARI

Esta guía NO asigna colores para los cilindros destinados a contener refrigerante recuperado y/o reciclado. En este caso, consulte la Guía K-ARI



Capítulo 5.

Sustancias Refrigerantes

Refrigerante es cualquier cuerpo o sustancia que actúa como agente de enfriamiento absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia

Los refrigerantes se conocen por su fórmula, nombre químico o por su denominación simbólica numérica adoptada internacionalmente

Los refrigerantes, por su interacción con su objetivo primario, se pueden agrupar en:

Refrigerantes primarios: aquellos que absorben calor al evaporarse a ciertos niveles de temperatura y presión para transferirlo a temperatura y presión más elevadas.

Refrigerantes secundarios: cualquier fluido enfriado mediante un refrigerante primario y que circula como fluido de transferencia de calor para retirar la carga térmica del sistema.

5.1. Denominación

El American Standard ANSI / ASHRAE 34, como denominación simbólica numérica, asignó un código que identifica a cada refrigerante el cual consiste de una letra seguido por un número. Este código se establece a partir de su fórmula química así:

- La letra R mayúscula significa refrigerante.
- La primera cifra de la derecha en los compuestos que carezcan de Bromo indicará el número de átomos de Flúor de su molécula.
- El segundo dígito indica el número de átomos de Hidrógeno de su molécula más uno.
- El tercer dígito indica el número de átomos de Carbono en su molécula menos uno. Cuando este último dígito es cero no se escribe en su denominación.
- El número de átomos de Cloro se calcula con la siguiente fórmula:

$$Cl = C - F - H$$

Donde: Cl = No. átomos de Cloro

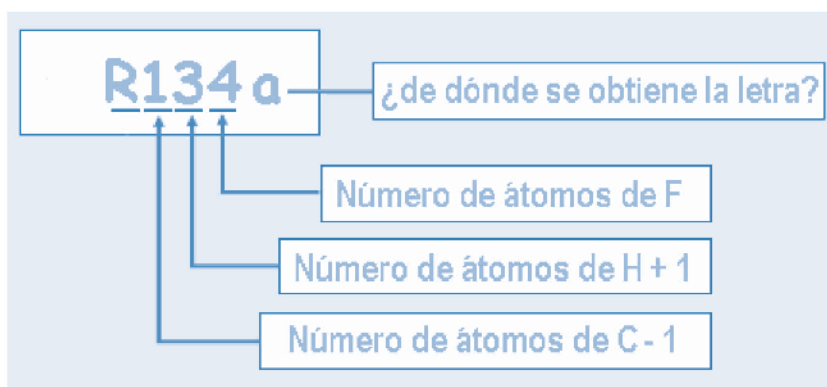
C = No. total de átomos que pueden estar unidos a los átomos de carbono; si la molécula tiene 1 átomo de Carbono entonces C=4; si la molécula tiene 2 átomos de Carbono entonces C=6

F = No. átomos de Fluor

H = No. átomos de Hidrógeno

Para entender mejor...veamos un ejemplo con un refrigerante muy conocido, el Tetrafluoroetano: su fórmula química es CF_3CH_2F entonces, su denominación simbólica numérica se obtiene según muestra la Figura 3:

Figura 3. Denominación para refrigerantes



Del ejemplo anterior, se tienen 4 átomos de Flúor, 2 átomos de Hidrógeno y 2 átomos de Carbono. Y, según la fórmula, el número de átomos de Cloro presentes en una molécula de refrigerante R134a será:

$$\begin{aligned} Cl &= C - F - H \\ Cl &= 6 - 4 - 2 \\ Cl &= 0 \end{aligned}$$

Así, se concluye que la molécula de R134a no tiene átomos de Cloro, por lo tanto, no afecta la capa de ozono.

La letra se obtiene de.....

Existen refrigerantes que han tomado como base otro refrigerante y por voluntad del fabricante se ha modificado su estructura interna de modo diferente para alterar ciertas propiedades. A estos nuevos refrigerantes, por tener la misma composición química de sus predecesores, se les aplica el ejercicio anterior y se denominan de igual forma sin embargo, para evitar una denominación repetida se agregan letras en minúscula al final de su denominación original, ejemplo: R134 y R134a.

Denominación de mezclas zeotrópicas y azeotrópicas: Las mezclas están denominadas por su número de refrigerante y proporciones de masa respectivas. Su denominación obedece al aumento de los puntos de evaporación normal de los componentes.

Las mezclas zeotrópicas: tienen asignados números de la serie 400, éste número establece cuáles componentes están en la mezcla pero no la cantidad de cada uno de ellos. Para diferenciar zeótropos que tienen los mismos componentes pero con diferentes cantidades en masa, se agrega al final de la denominación una letra en mayúscula. Esta letra obedece a un orden cronológico, según su aprobación ASHRAE.

Ejemplo:

	R407A	(R32/R125/R134a (20/40/40))
	R407B	(R32/R125/R134a (10/70/20))
	R407C	(R32/R125/R134a (23/25/52))
	R407D	(R32/R125/R134a (15/15/70))
	R407E	(R32/R125/R134a (25/15/60))

Las mezclas azeotrópicas: tienen asignados números de la serie 500.

Ejemplo: R507 (R125/R143a (50/50))

Denominación de compuestos orgánicos e inorgánicos: Los compuestos orgánicos misceláneos tienen asignados la serie 600, ejemplo R600a para el isobutano; mientras que los compuestos inorgánicos tienen asignados la serie 700 y su número de identificación se completa agregando la masa molecular,

Ejemplo: R717 asignado para el amoníaco porque 17 es su masa molecular.

5.2. Clasificación de los refrigerantes (ASHRAE 34)

Según su toxicidad, los refrigerantes están divididos en dos grupos:

- Clase A, toxicidad no identificada para concentraciones inferiores o iguales a 400 ppm.
- Clase B, se tiene evidencia de toxicidad a concentraciones inferiores a 400 ppm.

Según su flamabilidad, los refrigerantes están divididos en tres grupos:

- Clase 1, no muestra propagación de llama cuando se prueba en aire a 21°C y 101 kPa.
- Clase 2, límite inferior de flamabilidad superior a 0.10 kg/m³ a 21°C y 101 kPa y un calor de combustión inferior a 19 kJ/kg.
- Clase 3, altamente flamable definido por un límite inferior de flamabilidad inferior o igual a 0.10 kg/m³ a 21°C y 101 kPa o un calor de combustión superior o igual a 19 kJ/kg.

La Tabla 3 resume los grupos que la norma ASHRAE 34 propone para los refrigerantes y la Tabla 4 presenta la clasificación de los refrigerantes mas utilizados según esta norma.

Tabla 3. Clasificación de los refrigerantes según ANSI / ASHRAE 34

	Baja toxicidad (A)	Alta toxicidad (B)
Alta inflamabilidad (3)	A3	B3
Baja inflamabilidad (2)	A2	B2
No propaga llama (1)	A1	B1

El American Standard ANSI / ASHRAE 34 también clasifica los refrigerantes por su grupo de seguridad, esta clasificación consta de UNA LETRA que indica su toxicidad y UN NÚMERO que indica su flamabilidad.



Tabla 4. Clasificación de los algunos refrigerantes

Clasificación	Denominación	Composición o fórmula química	Clasificación de Seguridad
COMPUESTO INORGÁNICO			
R717	Amoníaco	NH ₃	B2
R718	Agua	H ₂ O	A1
R744	Dióxido de carbono	CO ₂	A1
COMPUESTO ORGÁNICO			
Hidrocarburos			
R170	Etano	CH ₃ CH ₃	A3
R290	Propano	CH ₃ CH ₂ CH ₃	A3
R600a	Isobutano	CH(CH ₃) ₂ CH ₃	A3
Halocarbonados			
Clorohalogenados (CFC)			
R11	Triclorofluorometano	CCl ₃ F	A1
R12	Diclorodifluorometano	CCl ₂ F ₂	A1
Hidroclorohalogenados (HCFC)			
R22	Clorodifluorometano	CHClF ₂	A1
R141b	1,1-dicloro-1-fluoroetano	CH ₃ CCl ₂ F	A2
R142b	1-cloro-1,1-difluoroetano	CH ₃ CClF ₂	A2
Hidrohalogenados (HFC)			
R32	Difluorometano	CH ₂ F ₂	A2
R125	Pentafluoroetano	CHF ₂ CF ₃	A1
R134a	1,1,1,2-tetrafluoroetano	CH ₂ FCF ₃	A1
R143a	1,1,1-trifluoroetano	CH ₃ CF ₃	A2
R152a	1,1-difluoroetano	CH ₃ CHF ₂	A2
Mezclas azeotrópicas			
R502		R22/R115 (48.8/51.2)	A1
R507		R125/R143a (50/50)	A1
Mezclas zeotrópicas			
R404A		R125/R143a/R134a (44/52/4)	A1
R407C		R32/R125/R134a (23/25/52)	A1
R410A		R32/R125 (50/50)	A1

5.2.1. Refrigerantes Inorgánicos

Son compuestos químicos o combinaciones de los elementos de la tabla periódica que no contienen carbono, excepto el CO₂; los refrigerantes inorgánicos más comunes son el agua, amoníaco y dióxido de carbono.

5.2.1.1. Agua

El agua, R718, es un líquido incoloro, inodoro e insípido que está compuesto por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H₂O). Sus propiedades físicas se utilizan como patrones para definir, por ejemplo, escalas de temperatura.

Como refrigerante primario, el agua es utilizada en los procesos de refrigeración por absorción acompañado del bromuro de litio o amoníaco en máquinas de aire acondicionado y como absorbedor acompañado del amoníaco en máquinas de refrigeración; se utiliza también como refrigerante en máquinas de refrigeración por eyección.

El agua es una opción refrigerante atractiva porque no es tóxica ni inflamable. Sin embargo, es un refrigerante que funciona a muy baja presión



El CO₂ tiene varias propiedades convenientes como refrigerante: disponibilidad, bajo PCG³, baja toxicidad y costo reducido. Aunque se le atribuye una baja eficiencia energética, su uso como refrigerante alternativo se ha difundido, especialmente en grandes compañías con amplios programas ambientales

Debido a las bajas presiones y las tasas muy elevadas de flujo volumétrico que requieren los sistemas de compresión de vapor de agua, es necesario recurrir a diseños de compresores que son poco habituales en el sector del aire acondicionado.

Como refrigerante secundario, el agua se utiliza en sistemas tipo “chillers” empleados para acondicionar aire, congelar y mantener pistas de patinaje sobre hielo y facilitar procesos industriales donde se requiera control de temperatura.

5.2.1.2. Amoníaco

El amoníaco, R717, es un gas incoloro, corrosivo, irritante, tóxico y de olor sofocante. Su fórmula química es NH₃. Se emplea en la industria textil, como refrigerante, en la producción de fertilizantes y en productos de limpieza, entre otros. Aunque no afecta metales ferrosos como el aluminio y el bronce fosfórico, en la presencia de humedad destruye los metales no ferrosos como el zinc, cobre, y sus aleaciones.

Por sus cualidades termodinámicas, el amoníaco es uno de los mejores refrigerantes: según la productividad de enfriamiento, supera considerablemente a los R12, R11, R22 y R502, y tiene más alto coeficiente de transferencia de calor, lo que permite usar tuberías de menor diámetro en los aparatos de transferencia de calor de similar capacidad. En conjunto con hidrógeno y agua, se utiliza en refrigeradores domésticos y comerciales, eliminando el uso de compresor gracias al principio de absorción. Respecto al R22, el amoníaco tiene un valor alto de “calor de vaporización” y como consecuencia presenta un comparativamente pequeño consumo de masa del refrigerante circulante. Esta es una cualidad ventajosa para grandes capacidades de refrigeración pero hace difícil la regulación de la entrega del amoníaco al evaporador con bajas potencias.

Recuerde:

- Los aceites de refrigeración usados en combinación con amoníaco deben presentar requerimientos estrictos de estabilidad térmica
- Por su alta conductividad, no se aconseja usar el R717 para compresores herméticos ni semiherméticos
- La proporción en masa de humedad en el amoníaco no debe exceder 0,2%, de lo contrario se forman lodos, con un fuerte olor característico, que tienen que evacuarse periódicamente del sistema.
- Para capacidades industriales con potencia de más de 20 Kw, el amoníaco es la mejor alternativa.

5.2.1.3. CO₂

El dióxido de carbono es un gas incoloro e incombustible cuya fórmula química es CO₂. El R744 se conoce también como bióxido de carbono, óxido de carbono (IV) y anhídrido carbónico.

El CO₂ está presente en la atmósfera, en un ciclo natural: animales, plantas y microorganismos lo liberan como resultado de la respiración y las fermentaciones y a su vez, las plantas verdes lo utilizan como fuente de carbono. Sus principales fuentes naturales son los océanos, volcanes, incendios, así como la respiración de los seres vivos o la descomposición de materia orgánica. Desafortunadamente, el hombre produce grandes cantidades de CO₂ con los diferentes procesos industriales, la deforestación y, especialmente, cuando utiliza combustibles fósiles -petróleo y carbón-, para el transporte y la producción de energía. Entonces, se convierte

en un contaminante atmosférico, un gas “efecto invernadero”, con una permanencia en la atmósfera estimada en más de 100 años.

Es probable también que los sistemas fabricados con CO₂ sean de menor tamaño que los que usan refrigerantes comunes. Sin embargo, estas ventajas se ven compensadas por el hecho que el uso del CO₂ en las aplicaciones de aire acondicionado exige altas presiones de funcionamiento, lo que reduce la eficiencia operativa y por ende contribuye a producir un mayor nivel de emisiones indirectas de CO₂ a causa del mayor consumo de energía. El CO₂ está comenzando a encontrar aplicación en sistemas industriales como refrigerante de baja temperatura y en sistemas configurados en cascada, con amoníaco en la fase superior y CO₂ en la fase inferior. La eficiencia energética de los sistemas que funcionan con CO₂ puede ser similar a la de los que usan HCFC-22, amoníaco y R410A, con un rango de evaporación de entre -40°C y -50°C. El CO₂ también se usa como fluido termoportador en los sistemas indirectos. Existen perspectivas de usar el dióxido de carbono en sistemas de aire acondicionado en automóviles y trenes. También se espera encontrarlo como refrigerante en refrigeradores domésticos y bombas de calor.

5.2.2. Refrigerantes Orgánicos

Son compuestos químicos o combinaciones de los elementos de la tabla periódica que contienen carbono, excepto el CO₂; los refrigerantes orgánicos más comunes son los hidrocarburos, los halocarbonados y combinaciones entre ellos.

5.2.2.1. Hidrocarburos

Se conoce con este nombre a los compuestos bioquímicos formados únicamente por carbono e hidrógeno. Químicamente, consisten en una estructura de carbono a la que se unen átomos de hidrógeno. Los refrigerantes pertenecientes a este grupo son: el etano (R170), el propano (R290) y el isobutano (R600a).

Etano R170: gas inflamable, incoloro e inodoro. El etano es más pesado que el aire; puede alcanzar largas distancias, localizar una fuente de ignición y regresar en llamas. Puede formar mezclas explosivas con el aire. Conocido también como Bimetil, dimetil, metilmetano o etil hidruro.

Propano R290: gas inflamable, incoloro, con un ligero olor a altas concentraciones. Se utiliza como materia prima para diversos procesos químicos como reformación de vapor, clorinación y nitruración. En la fabricación de negro humo y otros productos como tetracloruro de carbono, acrílo-nitrilo, percloroetileno y tetracloroetano, como combustible mezclado con propileno y butano, como solvente para retirar asfaltos en el crudo y como refrigerante y propelente. Conocido también como Dimetil metano o hidruro de propilo.

Isobutano R600a: es un gas licuado comprimido incoloro, de olor característico, es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo con posible ignición en punto distante. Conocido también como 2-Metilpropano; 1,1-Dimetiletano o Trimetilmetano. Este refrigerante es uno de los principales sustitutos de los CFC especialmente en el sector doméstico. Sin embargo, los procesos, diseños de fabricación y mantenimiento deben tener en cuenta su carácter inflamable. Ello exige la adopción de medidas tales como la adecuada ventilación, el uso del equipo eléctrico apropiado, la prevención de fugas de refrigerante y del acceso a los componentes eléctricos, el uso de materiales eléctricos sellados o con dispositivos antichispas cuando se tiene acceso a fugas de refrigerante y el uso de técnicas apropiadas de soldadura, preferentemente evitando las operaciones de soldadura en sistemas ya cargados.

Los escapes de este gas: un peligro para la salud...

ocasionan asfixia por desplazamiento de oxígeno

Atención: los hidrocarburos o sus mezclas utilizadas para refrigeración requieren niveles de pureza y prácticas de mezcla que sólo puede garantizar el fabricante. No "ensaye" con hidrocarburos destinados para otros fines



3. Ver “Unidades de medida ambiental”.

Algunas mezclas de hidrocarburos han permitido la sustitución del refrigerante en equipos domésticos sin necesidad de intervenir el sistema para cambiar componente alguno, en un procedimiento conocido como "drop in"

Los hidrocarburos y sus mezclas, que han tenido un uso limitado, presentan propiedades termodinámicas adecuadas y permiten lograr un alto nivel de eficiencia energética. La sustitución de refrigerantes por hidrocarburos, se realiza con productos que contienen propano, en mayor proporción, y mezclas con isobutano y etano. Para la sustitución de refrigerantes tipo SAO por hidrocarburos, actualmente, en el mercado mundial se consiguen productos con los contenidos presentados en la Tabla 5:

Tabla 5. Sustitución con hidrocarburos

Aplicación	Refrigerante tipo SAO	Refrigerante tipo Hidrocarburo
Doméstico y aire acondicionado vehicular	R12	- Isobutano (R600a) - Mezcla isobutano-propano (R600a/R290)
Cuartos fríos de congelación	R502	- Mezcla propano-etano (R290/R170)
Aire acondicionado	R22	- Propano (R290)

5.2.2.2. Halocarbonados

Son compuestos químicos o combinaciones de átomos que consisten de una estructura de carbono a la que se unen átomos del grupo VII A de la tabla periódica conocidos como Halógenos (Flúor, Cloro y/o Bromo). Los refrigerantes pertenecientes a este grupo se dividen en tres grupos básicos así: CFC, HCFC, HFC y mezclas entre ellos.

CFC: un clorofluorocarburo o clorofluorocarbono es cada uno de los derivados de los hidrocarburos saturados obtenidos mediante la sustitución de átomos de hidrógeno por átomos de cloro y flúor. El no contener hidrógeno en su molécula los hace compuestos muy estables. La amplia utilización de los CFC como gases refrigerantes se debió a que no son tóxicos, son inertes, inflamables y pueden operar en un amplio rango de presiones, características que permiten flexibilidad en los materiales del sistema. Debido a que estos CFC son dañinos para la capa de ozono, su producción y uso está controlado por el Protocolo de Montreal, con estrictas medidas asumidas por los países firmantes. En Colombia, desde 1997 el uso de CFC para la fabricación de equipos de refrigeración doméstica está prohibido y se estima que para el año 2007 el uso de los CFC como refrigerantes en fabricación de equipos y como agente espumante en poliuretanos y poliestirenos estará prohibido. En el sector de mantenimiento se ha desincentivado su consumo a la vez que su escasez en el mercado se hace evidente debido a la reducción gradual de las importaciones con cierre definitivo para el año 2010.

HCFC: un hidroclorofluorocarburo o hidroclorofluorocarbono es cada uno de los derivados de los hidrocarburos que contienen átomos de hidrógeno, cloro y flúor. Además, contienen un átomo de hidrogeno en su molécula lo cual les permite oxidarse con mayor rapidez en la parte baja de la atmósfera y afectar menos la capa de ozono. Son sustitutos a medio plazo de los CFC, por unos 30 años más, aunque este periodo se podría acortar debido a las presiones internacionales, movimientos ecológicos internacionales, o intereses comerciales. Los refrigerantes de esta familia más utilizados son el R22 en aplicaciones de aire acondicionado, bombas de calor y refrigeración comercial y el R123 en chillers centrífugos de aire acondicionado.



Los HCFC, como refrigerantes de transición, siguen siendo una buena alternativa en sistemas comerciales de refrigeración y aire acondicionado con una corta vida útil pues su fabricación y uso ya está siendo controlado

HFC: un hidrofluorocarburo o hidrofluorocarbono es cada uno de los derivados de los hidrocarburos que contienen átomos de Hidrógeno y Flúor y no contienen cloro en su molécula oxidándose con gran rapidez en capas bajas de la atmósfera. Su uso aparece como una alternativa para sustituir los CFC puesto que no afectan la capa de ozono, sin embargo, los refrigerantes de esta familia son “gases efecto invernadero”, que ocasionan problemas de calentamiento global. El R134a, en equipos de aire acondicionado y en refrigeración doméstica y comercial, es el refrigerante más conocido de esta familia.

Se han examinado varias tecnologías no tradicionales para evaluar su capacidad de reducir el consumo y la emisión de HFC. Existen tecnologías de refrigeración alternativas como el ciclo de Stirling, el ciclo de absorción y los sistemas termoelectricos, termoiónicos y termoacústicos, que se siguen utilizando en aplicaciones o situaciones especiales en que los sistemas de funcionamiento básicos son diferentes a los de los refrigeradores domésticos convencionales. En nuestro país ya se encuentran refrigeradores con capacidad volumétrica hasta 45 litros que funcionan por procesos termoelectricos.

Mezclas: unión de dos o más sustancias refrigerantes distribuidas uniformemente en proporciones variables. Las mezclas se emplean para alcanzar propiedades que cumplen con muchos propósitos útiles en refrigeración y surgen como alternativas transitorias adicionales para ayudar a acelerar el abandono de las sustancias destructoras de ozono. Por ejemplo, una mezcla de componentes inflamables y no inflamables puede resultar en un producto no inflamable. Las mezclas pueden dividirse en dos categorías: zeotrópicas y azeotrópicas

- **Mezclas Zeotrópicas:** se llama así a las mezclas formadas por dos o más componentes (refrigerantes puros) de diferente volatilidad. Cuando estas mezclas se evaporan o se condensan en un sistema de refrigeración, su composición y su temperatura de saturación cambian. Al hervir esta mezcla en un evaporador, la composición del líquido remanente cambia. Esto es, al empezar a hervir el líquido, se evapora un porcentaje más elevado del componente más volátil. Por lo tanto, conforme continúa hirviendo la mezcla, el líquido remanente tiene menor concentración del componente más volátil, y mayor concentración del menos volátil.

El cambio de composición del líquido da como resultado un cambio en el punto de ebullición. La temperatura a la cual empieza a hervir el líquido (líquido saturado), se conoce como “punto de burbuja” (bubble point). La temperatura a la cual se evapora la última gota de líquido (vapor saturado) se llama “punto de rocío” (dew point). A una misma presión, la temperatura del punto de burbuja es más baja que la del punto de rocío para cualquier mezcla zeotrópica. A este fenómeno se le conoce como “deslizamiento de temperatura” (glide). Este deslizamiento de temperatura también ocurre en el condensador, pero aquí, la temperatura de condensación disminuye en lugar de aumentar. El deslizamiento de temperatura puede variar, dependiendo de la mezcla, desde 1° o 2 °C hasta varias decenas de grados centígrados.

A las mezclas zeotrópicas comerciales, se les debe asignar un número de identificación en la serie 400. Este número indica qué componentes se encuentran en la mezcla, pero no el porcentaje de cada uno de ellos. La mezcla zeotrópica mas utilizada en refrigeración comercial es el R404A mientras que en aire acondicionado se utiliza el R407C y el R410A.

- **Mezclas Azeotrópicas:** se llama así a las mezclas de dos o más componentes de diferente volatilidad, las cuales, al ser utilizadas en un sistema de refrigeración, NO cambian su composición ni su temperatura de saturación al hervir en el evaporador, o se condensan a una presión constante.

El uso de R134a, conocido erróneamente en el comercio como “refrigerante ecológico”, ocasiona serios problemas ambientales debido a su elevado valor de PCG⁴



Bajo ninguna circunstancia se deben mezclar refrigerantes artesanalmente para ser cargados en un sistema, pues se causarán daños irreparables en el equipo y se perjudicará al cliente. Solamente un fabricante reconocido de mezclas refrigerantes informa los rangos de operación técnica de sus productos y los respalda con la garantía de compra

4. Ver “Unidades de medida ambiental, capítulo 5.4.”.



Se le llama "capa de ozono" a la concentración máxima de ozono presente en la atmósfera terrestre de manera natural. Como muestra la Figura 5, esta maravillosa capa está ubicada en la estratosfera, por encima de los 15 Km. de altura, tiene un espesor de unos 40 Km. y rodea a la Tierra como un tenue manto, esencial para la vida en la superficie del planeta, porque actúa como un escudo protector ante los peligrosos rayos ultravioleta del sol

La composición del líquido es la misma que la del vapor. Las mezclas azeotrópicas pueden inclusive ser destiladas, sin que cambie su composición. Al combinar los componentes, la mezcla resultante se comporta en muchas maneras, como si fuera un solo refrigerante puro, con una sola temperatura de saturación correspondiente a una presión dada. Generalmente el punto de ebullición resultante de una mezcla azeotrópica, es menor o igual que el del componente con el más bajo punto de ebullición.

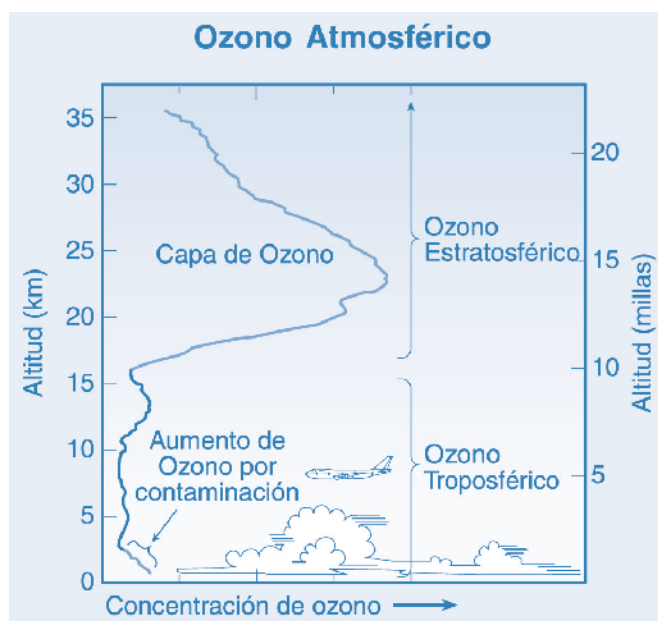
A las mezclas azeotrópicas que se comercialicen, deberá asignárseles un número de identificación progresiva de la serie 500. La mezcla azeotrópica mas utilizada en refrigeración comercial es el R507.

5.3. Problemas ambientales asociados al uso de refrigerantes

5.3.1. La destrucción de la capa de ozono y sus consecuencias

La capa de ozono y su función: El ozono es un gas incoloro, inestable, de olor característico, que está presente en la atmósfera terrestre de manera natural. Las moléculas de ozono son químicamente idénticas, cada una con tres átomos de oxígeno pero su concentración varía con la altura: el ozono de la estratosfera nos protege de la radiación ultravioleta del sol, mientras que el ozono presente en la tropósfera tiene efectos tóxicos sobre los seres vivos. En la Figura 4 se puede observar la variación con la altura de la concentración de ozono y la localización de la llamada "capa de ozono".

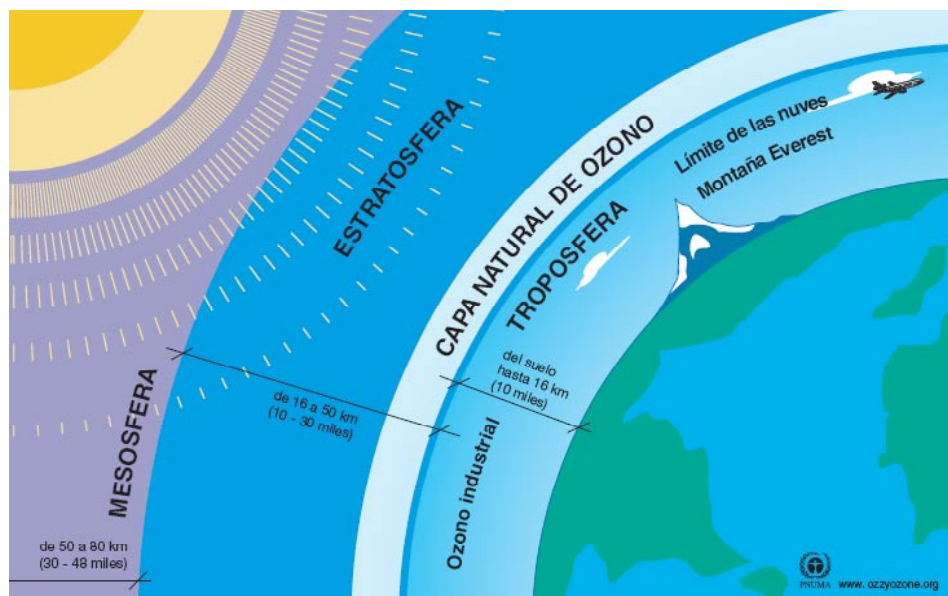
Figura 4. Distribución del ozono atmosférico



Fuente: Veinte Preguntas y Respuestas sobre la Capa de Ozono.
Evaluación Científica del Agotamiento de Ozono: 2002

La mayoría de las moléculas de ozono, cerca del 90%, se encuentran en la atmósfera superior -la estratosfera-, entre 10 y 50 kilómetros por encima de la superficie terrestre.

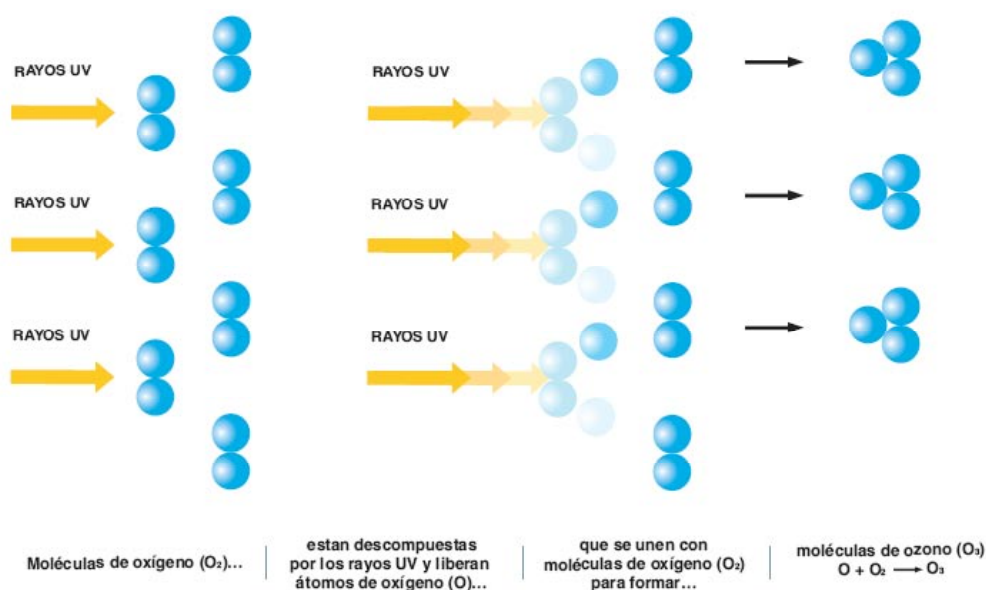
Figura 5. La capa de ozono



Fuente: www.ozzyozone.org

La formación de la capa de ozono constituye uno de los procesos más trascendentes en la historia de nuestro Planeta. Las investigaciones científicas indican que su origen se remonta a unos 2000 millones de años atrás. La importancia de la capa de ozono radica en su capacidad para filtrar la radiación Ultravioleta B (UV-B), proveniente del sol. De no existir este filtro atmosférico, no se habría desarrollado la vida como la conocemos hoy en día, pues la luz ultravioleta tiene un nivel de energía suficiente para penetrar la pared celular y producir daños letales a la mayoría de los organismos terrestres y acuáticos. En la Figura 6 se observa la dinámica de formación del ozono natural.

Figura 6. Formación del ozono natural

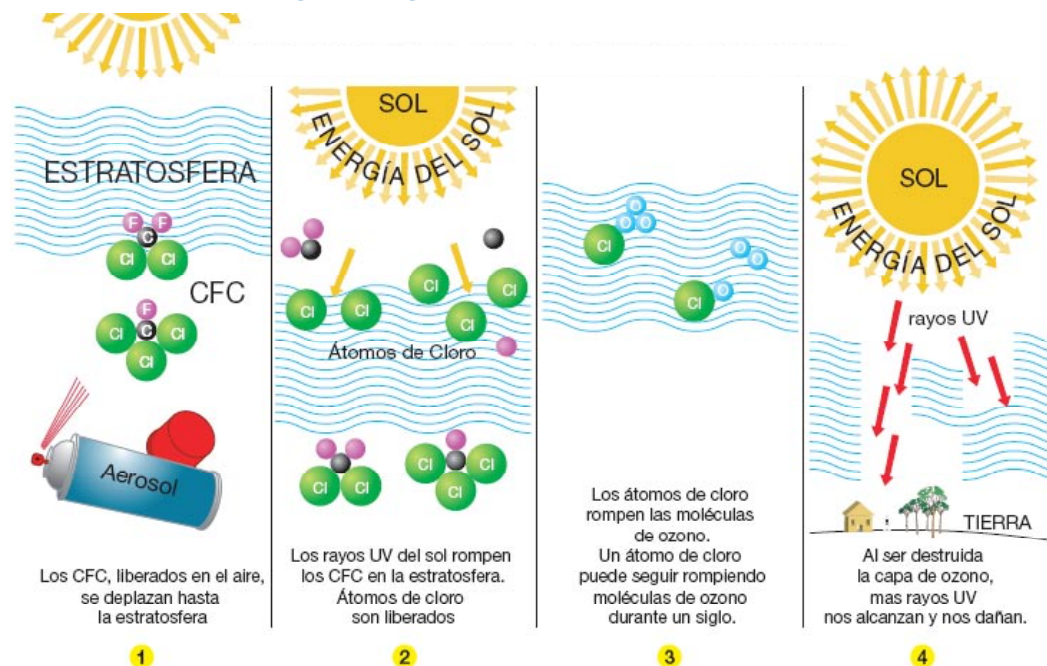


Fuente: www.ozzyozone.org

Hoy en día, no hay duda de la destrucción de la capa de ozono por efecto de las llamadas Sustancias Agotadoras de Ozono -SAO-, generadas por la actividad humana

Las SAO y la destrucción de capa de ozono: Hacia 1980 la comunidad científica mundial demostró el daño que ciertos productos químicos denominados halocarbonos, compuestos que contienen cloro, flúor, bromo, carbono e hidrógeno le hacen a la capa de ozono, debido a su alta persistencia en la atmósfera y a la comprobada acción del cloro libre sobre las moléculas de ozono. Se estima que cada átomo de cloro puede destruir unas 100.000 moléculas de ozono antes de desaparecer de la estratosfera. La Figura 7 resume en cuatro etapas el proceso de destrucción de la capa de ozono.

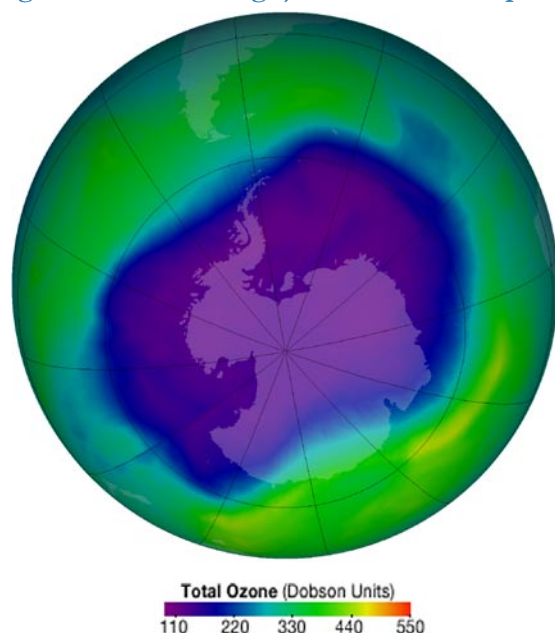
Figura 7. Agotamiento de la capa de ozono



Fuente: www.ozzyozone.org

La noticia generó una gran alarma mundial, se crearon mecanismos de vigilancia satelital del ozono en diferentes partes del mundo, comprobándose que, sobre la Antártida -en el Polo Sur- cada año durante la primavera austral, de septiembre a octubre, se destruyen millones de moléculas de ozono hasta formar un “gran agujero”. Las condiciones climáticas del Polo Sur incrementan la destrucción del ozono: los movimientos del aire atmosférico y las llamadas “nubes estratosféricas polares” en presencia de la luz solar hacen que las SAO se conviertan en formas más reactivas de cloro, con gran poder de destrucción. El resultado: una zona de la atmósfera terrestre en donde la presencia total de ozono estratosférico es mínima, un “agujero de ozono”, nombre que proviene de las imágenes satelitales como la que se observa en la Figura 8. Actualmente, el agotamiento de ozono sobre la Antártida se estudia y se documenta cada año mediante observaciones hechas desde satélites, bases terrestres y con instrumentos a bordo en globos.

Figura 8. Imagen satelital del “Agujero de ozono”, septiembre 23 de 2006



Fuente: www.ozonewatch.gsfc.nasa.gov

Usos de las SAO: Las aplicaciones de las SAO son diversas. En la Tabla 6 se enuncian los usos mas comunes y las SAO asociadas.

Tabla 6. Usos más comunes de las SAO

Aplicación	SAO
 Espumas sintéticas rígidas y flexibles para empaques, aislantes y mobiliarios	CFC/ 11, 12 y 113. HCFC 141b y 142b.
 Aerosoles, esterilizantes, solventes y limpiadores	CFC/ 11, 12, 113. HCFC/ 141 b y 142 b. TCC, TCA y BrMe
 Refrigeración doméstica, comercial e industrial	CFC 11, 12, 113, 114, 115. HCFC 22, 123, 142b.
 Aire acondicionado doméstico, comercial, chillers, y para medios de transporte	CFC/ 11, 12, 114, 115. HCFC 22, 123 y 124
 Agentes para extinción de fuego en extintores portátiles e instalaciones fijas en edificios y medios de transporte	Halón 1211, 1301 y 2402. HCFC 22, 123 y 124.

Consecuencias del agotamiento de la capa de ozono: La exposición moderada a la radiación solar no presenta peligro; de hecho, en los seres humanos constituye una parte

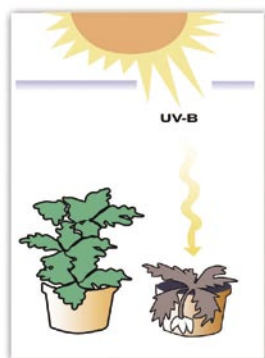
¿Cómo se ha producido este problema ambiental global? Pues el problema se generó por el uso de diferentes SAO, fabricadas artificialmente, en especial para la refrigeración, aunque han tenido muchas otras aplicaciones. Las mas conocidas y usadas de ellas son los Clorofluorocarbonos (CFC), Hidroclorofluorocarbonos (HCFC) y Bromofluorocarbonos (Halones)



¿Es muy grave la destrucción de la capa de ozono? La capa de ozono se ha venido agotando gradualmente y ahora es un promedio de 3% menor alrededor del planeta. El “agujero de la capa de ozono” alcanza un tamaño casi tan grande como el continente africano: 26,9 millones de kilómetros cuadrados para la primavera del año 2005

esencial del proceso de formación de la vitamina D en la piel. Sin embargo, el aumento de los niveles de exposición puede producir efectos perjudiciales para la salud humana, los animales, las plantas, los microorganismos, los materiales y la calidad del aire.

- **En el ser humano:** los seres humanos expuestos a la radiación UV-B disminuyen sensiblemente su capacidad inmunológica, con lo cual se pueden activar enfermedades producidas por virus y bacterias. El principal efecto en el hombre es el aumento de incidencia en los cánceres de piel, especialmente entre la población blanca. Es igualmente significativa la acción sobre los ojos, provocando la formación de cataratas, deformación del cristalino y presbicia. Aumenta el riesgo de dermatitis alérgica y tóxica, complica las quemaduras de sol y produce una vejez prematura sobre la piel.



- **En animales y plantas:** el agotamiento de la capa de ozono produce efectos adversos serios sobre la agricultura, reduciendo directamente el crecimiento de las plantas y sobre los bosques, disminuyendo su productividad. La radiación ultravioleta produce cambios en la composición química de varias especies de plantas, disminuyendo la cantidad y calidad de las cosechas. El aumento de la radiación UV-B también tiene efectos similares para los animales: en el ganado, los caballos, los gatos, las ovejas, las cabras y los perros se ha reportado la presencia de carcinoma de células escamosas asociadas a la exposición solar ambiental. También produce daño a los organismos acuáticos, en particular a los más pequeños: plancton, plantas acuáticas, larvas de peces, camarones y cangrejos.

- **En los materiales:** los materiales empleados en la construcción, pinturas, gomas, madera, plásticos y envases son degradados por la radiación UV-B. El daño ocasionado varía desde la pérdida de color hasta la pérdida de calidad y fuerza mecánica. El aumento de la radiación UV-B puede limitar la duración de los materiales y obligar a utilizar procesos de producción más costosos, generando pérdidas de miles de millones de pesos anuales.



- **En los ecosistemas:** en estudios realizados se sigue demostrando que las radiaciones solares en exceso tienen efectos adversos en el crecimiento,

la fotosíntesis y la reproducción del fitoplancton, alterando la cadena alimenticia en los ecosistemas marinos y consecuentemente, reduciendo la producción pesquera mundial. Se han confirmado los efectos del aumento de la radiación UV-B en las emisiones de dióxido de carbono y de monóxido de carbono así como en los nutrientes minerales que circulan en la biosfera terrestre⁵. La disminución del ozono estratosférico y el consiguiente aumento de radiación UV-B tienen importantes efectos en la troposfera, la región más baja de la atmósfera: en las zonas que ya son objeto de contaminación como la producida por los gases de escape de los vehículos, tienden a aumentar las concentraciones de ozono que, a este nivel es un contaminante, causando irritación en los ojos y en los pulmones⁶.

5.3.2. El calentamiento global

La temperatura de la Tierra se mantiene gracias a un equilibrio, entre el calor de la radiación solar que fluye desde el espacio y el enfriamiento de la radiación infrarroja emitida por la superficie caliente de la Tierra, que se escapa volviendo al espacio. El “efecto invernadero”

5. UNEP. Action on Ozone 2000 Edition. Ozone Secretariat. Nairobi, Kenia. Published 2000. página 13.

6. WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. Scientific assessment of Ozone depletion: 1994. Global Ozone Research and Monitoring Project – Report No. 37. Geneva, Switzerland: Febrero de 1995. UTO-0025 No.37. página 189.

, ilustrado en la Figura 9, es un proceso natural que consiste en la retención de una parte de la radiación solar que la Tierra recibe durante el día por acción de ciertos gases presentes en la atmósfera. Este fenómeno ha dado lugar a unas condiciones climáticas propicias para el desarrollo de vida en el planeta. Sin embargo, como resultado de las actividades humanas se ha alterado la concentración de dichos gases ocasionando que la atmósfera retenga más calor de lo debido siendo esto la causa de lo que hoy se conoce como el calentamiento o cambio climático global.

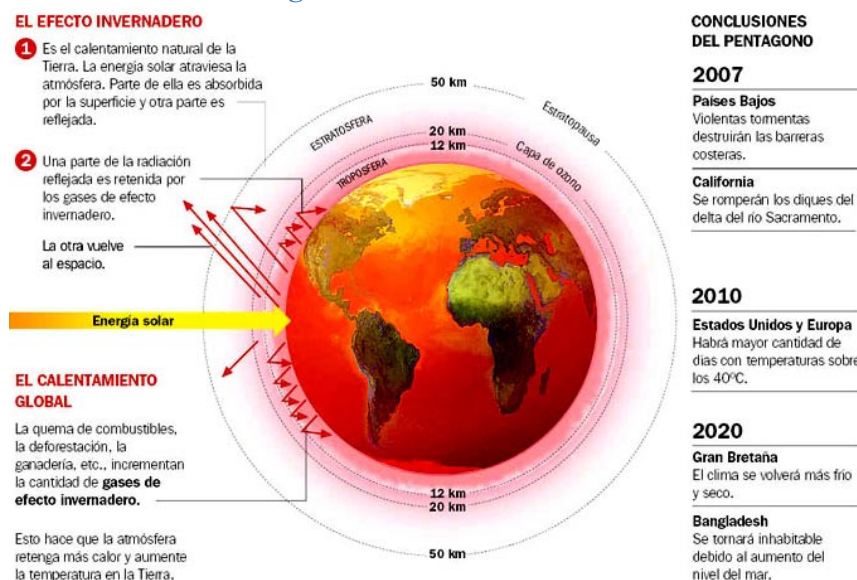
Todos los gases que contribuyen al calentamiento global son considerados “gases efecto invernadero”. Algunos se producen de forma natural como el vapor de agua, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso y el ozono. Sin embargo, ciertas actividades humanas aumentan los niveles de la mayoría de estos gases: el dióxido de carbono se libera a la atmósfera cuando se queman residuos sólidos, combustibles fósiles (aceite, gas natural y carbón), madera y sus derivados; el metano es emitido durante la producción y el transporte de carbón, gas natural y aceite y resulta también de la descomposición de desechos orgánicos en vertederos municipales de residuos sólidos y de la crianza de ganado; el óxido nitroso se libera durante las actividades agrícolas e industriales, así como durante la combustión de residuos sólidos y combustibles fósiles.

Entre los gases efecto invernadero potentes que no se producen de forma natural están los hidrofluorocarbonos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF_6), los cuales son generados en una variedad de procesos industriales.



El calentamiento global es el aumento de la temperatura media del planeta, generado por el aumento en la atmósfera de los llamados “gases efecto invernadero” que ocasionan un desequilibrio en el balance térmico natural

Figura 9. Efecto invernadero



Fuente: Natural Geographic

Consecuencias del calentamiento global

- **Alteración en el ciclo hídrico y en el clima:** se espera una afectación de los ciclos hídricos, las lluvias y a la disponibilidad del agua, así como cambios abruptos de temperatura y presión en la atmósfera con lo cual los tornados, huracanes y tormentas tropicales sucederían con mayor frecuencia y con una violencia inusitada hasta entonces; la corriente del Niño es uno de los ejemplos más claros de los problemas que trae el calentamiento global: desequilibra el estado climático del planeta haciendo que en algunos lugares llueva demasiado hasta inundarlos y en otros la sequía se extienda por largos períodos.

- **Efectos en los ecosistemas:** se espera que el aumento en las temperaturas globales trastorne los diferentes ecosistemas y produzca la pérdida de diversidad de especies, a medida que mueran las especies que no puedan adaptarse. Algunos ecosistemas, como los bosques tropicales y manglares, probablemente desaparezcan debido a los nuevos climas locales más cálidos o la elevación del nivel del mar en la costa. Una atmósfera más calurosa acelerará el derretimiento de los glaciares y casquetes polares: la cantidad de agua resultante elevaría el nivel del mar y, con unos pocos centímetros de más, podría inundar las tierras fértiles de las cuales dependen cientos de miles de personas para obtener alimentos. Por el avance del nivel del mar también se pueden contaminar las fuentes de agua dulce, alcanzar pérdidas importantes de zonas costeras e inundación de llanuras con la consiguiente pérdida de cultivos.
- **Efectos en la Salud:** un aumento en la temperatura de la superficie de la Tierra traerá como consecuencia un aumento en las enfermedades respiratorias y cardiovasculares, las enfermedades infecciosas causadas por mosquitos y plagas tropicales, y en la postración y deshidratación debida al calor. Los sistemas cardiovascular y respiratorio se afectan debido a que, bajo condiciones de calor, la persona debe ejercer un esfuerzo mayor para realizar cualquier actividad, poniendo mayor presión sobre dichos sistemas. Por otra parte, como las zonas tropicales se extenderán hacia latitudes más altas, los mosquitos y otras plagas responsables del dengue, la malaria, el cólera y la fiebre amarilla en los trópicos afectarán a una porción mayor de la población del mundo, aumentando el número de muertes a causa de estas enfermedades.

5.4. Unidades de medida ambiental

La previsión de cambios en la dinámica ambiental del planeta, en los próximos años, se basa íntegramente en modelos de simulación. Comprensiblemente la gran mayoría de los modelos se han concentrado sobre los efectos de la contaminación de la atmósfera por gases invernadero y agentes agotadores de la capa de ozono. Una preocupación presente es determinar cuánto daño causan estas emisiones, gases o sustancias, para lo cual se determinaron las siguientes unidades:

5.4.1. Potencial de agotamiento de la capa de ozono (PAO)

PAO: (Potencial de Agotamiento de la capa de Ozono - en inglés Ozone Depletion Potential - ODP). Es la habilidad que tienen las sustancias para agotar la capa de ozono. A cada sustancia se le asigna un PAO respecto a una sustancia de referencia: el CFC-11 cuyo PAO por definición tiene el valor de 1.

5.4.2. Potencial de calentamiento global (PCG)

PCG: (Potencial de Calentamiento Global - en inglés Global Warming Potential - GWP) Es la habilidad de un gas de absorber radiación infrarroja. Esta unidad se estima teniendo como referencia el calentamiento atmosférico que genera el Dióxido de Carbono (CO_2).

La Figura 10 resume los valores de PAO y PCG para los principales refrigerantes.

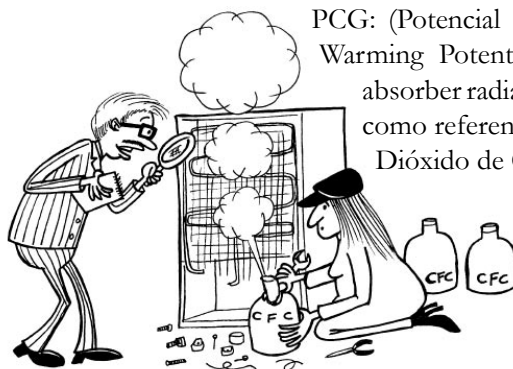
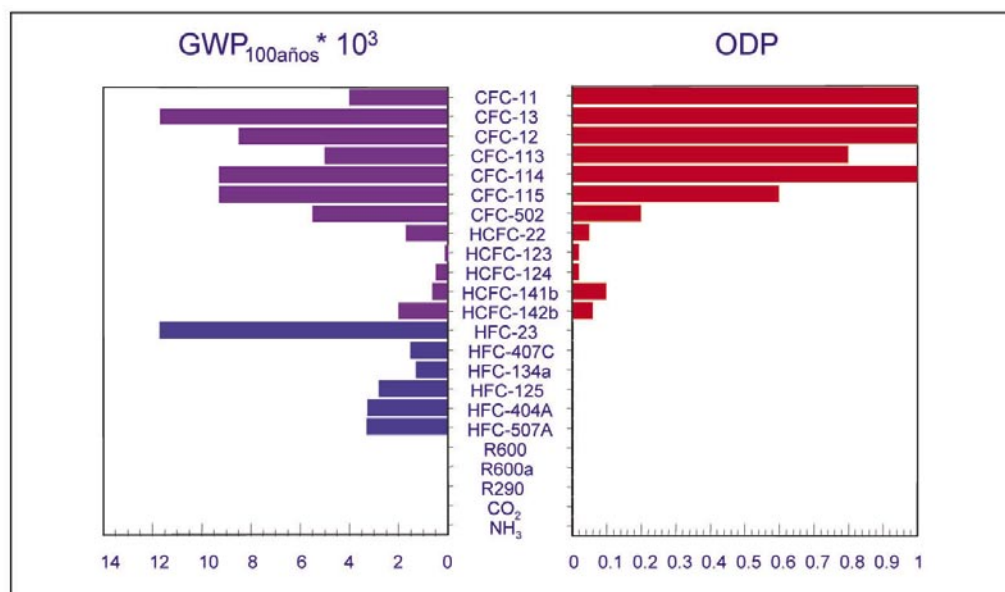


Figura 10. Características ambientales de algunos refrigerantes



Fuente: www.emc.uji.es

La Tabla 7 presenta los valores de Vida media, PAO y PCG de algunas sustancias utilizadas en el sector de refrigeración.

Tabla 7. Vida media, PAO y PCG

Nombre genérico	Vida media (años)	PAO	PCG
INORGANICOS			
Agua	-	0	0
Amoníaco	<1	0	0
Dióxido de carbono	120	0	1
ORGANICOS			
HIDROCARBUROS			
Etano	<1	0	3
Propano	<1	0	3
Isobutano	<1	0	3
CLOROFUOROCARBONADOS			
CFC-11	45	1	4000
CFC-12	100	1	8500
CFC-113	85	0.8	5000
CFC-114	300	1	9300
CFC 115	1700	0.6	9300
HIDROCLOROFUOROCARBONADOS			
HCFC-21	2	0.04	210
HCFC-22	11.8	0.055	1700
HCFC-123	1.4	0.02	93
HCFC-141b	9.2	0.11	630
HIDROFLUOROCARBONADOS			
HFC 23	260	0	12000
HFC-134a	13.8	0	1300
HFC-236fa	220	0	9400

Desde el sector de la refrigeración, la contribución directa de "gases efecto invernadero" ya se está disminuyendo gracias a la limitación de las emisiones tanto por la aplicación de buenas prácticas, el uso de métodos mas estrictos para evitar fugas en los sistemas de refrigeración, por las prácticas de recuperación y reciclaje así como por el uso de sustancias alternativas como refrigerantes

¿En qué consiste la vida media de una sustancia en la atmósfera? La vida media de una sustancia es el tiempo necesario para que la concentración original de esa sustancia en la atmósfera disminuya a la mitad por acción de las transformaciones químicas o por remoción



Cuando la presencia de una sustancia en la atmósfera es larga, se dice que esa sustancia es estable, muy “persistente” y que sus efectos dañinos seguirán sucediendo con la misma intensidad. Por ejemplo, si un CFC en particular tiene una vida media de 100 años significa que la emisión de una pequeña cantidad de este refrigerante tomará cerca de 700 años hasta que sus efectos ambientales sean despreciables. Por lo tanto, para la sustitución de refrigerantes, es importante elegir sustancias con una vida media corta, que aseguran un menor impacto ambiental.

5.5. Procedimientos asociados a la identificación de un refrigerante

En este numeral se describirán los métodos, herramientas y procedimientos recomendados para identificar un gas refrigerante ya sea que este se encuentre contenido en un recipiente o al interior de un sistema de refrigeración y/o aire acondicionado.

5.5.1. Para el refrigerante contenido en un cilindro

Las dos características que pueden indicarle el tipo de refrigerante que se encuentra al interior de un cilindro son: el color y la marcación o etiqueta del mismo.

5.5.1.1. Verificación del etiquetado y/o rotulado de envases

La manera más sencilla y segura de determinar el tipo de refrigerante contenido en un cilindro es ver la etiqueta con la cual el fabricante marca su producto. En la etiqueta de un cilindro que contiene un refrigerante se podrán encontrar diferentes nombres o designaciones para la misma sustancia, por ejemplo el refrigerante 12 lo podrá encontrar marcado como R12, CFC12, Diclorodifluorometano, CF_2Cl_2 , etcétera. A continuación encontrará las diferentes denominaciones o formas de nombrar una sustancia refrigerante:

Nombre comercial: es el nombre que el fabricante le da a su producto. Por ejemplo: Freón-12, Genetron-11, Algofrene-11.

Nombre químico: se puede utilizar el nombre químico completo de la sustancia o su fórmula química. Para el refrigerante 12 por ejemplo: Diclorodifluorometano o CF_2Cl_2 .

Número CAS: número asignado por el Chemical Abstracts Service de Estados Unidos para identificar una sustancia química. Para el refrigerante 12 por ejemplo el número CAS es: 75-71-8.

Número NU: corresponde al número de identificación que las Naciones Unidas dan a las sustancias químicas. Para el refrigerante 12 es NU 1028. El sistema de numeración de las Naciones Unidas provee un número de identificación único para cada sustancia química.

Número ASHRAE: número asignado por la American Society of Heating, refrigeration and Air Conditioning Engineers. (Ver numeral 4.4.1).

En la Tabla 8 se encuentran los diferentes nombres que se le dan a los refrigerantes comerciales más utilizados mientras que la Figura 11 presenta una etiqueta típica para un refrigerante en particular, ofrecido en el mercado nacional.

Tabla 8. Algunos refrigerantes y sus diferentes denominaciones

Gas refrigerante (Código ASHRAE)	Nombre comercial	Nombre químico	Número CAS	Número NU	Fórmula química
R12	Freón 12 Genetron 12	Diclorodifluorometano	75-71-8	1028	CF_2Cl_2
R11	Genetron 11	Triclorofluorometano	75-69-4	1017	CFCl_3
R22	Genetron 22	Clorodifluorometano	75-45-6	1018	CHF_2Cl
R134a	Genetron 134a	1,1,1,2-Tetrafluoroetano	811-97-2	3159	$\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$

Figura 11. Etiqueta típica para un refrigerante

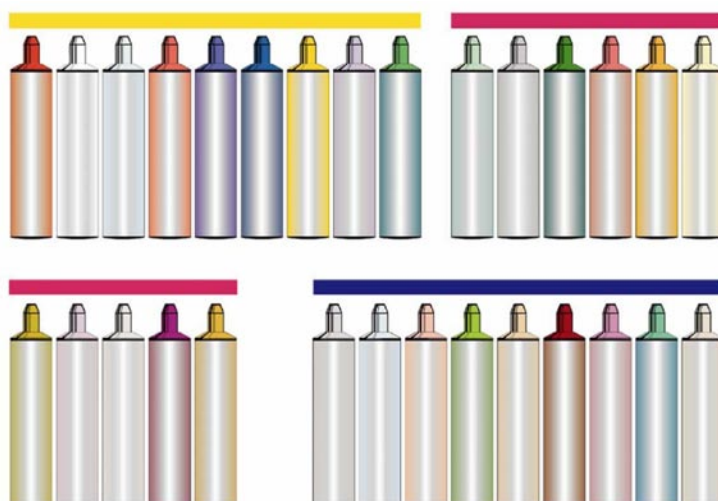


Fuente: Archivo UTO

5.5.1.2. Código de colores

Como una guía para identificar rápidamente el tipo de refrigerante que se encuentra contenido en un cilindro existe un código de colores que siguen la mayoría de fabricantes en el mundo, la asignación de colores para cada refrigerante la propone la Guía N de la ARI (ver numeral 4.4.6) y se puede consultar en la Herramienta rápida para detectar SAO (Ver numeral 5.5.4.). La Figura 12 muestra el código de colores para algunas sustancias refrigerantes.

Figura 12. Código de colores ARI para sustancias refrigerantes



Fuente: www.ari.org

iCuidado!...tenga en cuenta que esta ayuda visual aplica únicamente para productos refrigerantes nuevos



El color de un cilindro no asegura que su contenido corresponda al refrigerante o sustancia asignada por el estándar internacional, éste sólo es una referencia visual rápida del tipo de refrigerante almacenado. Se recomienda siempre inspeccionar la etiqueta del cilindro para asegurarse de su contenido y cuando sea posible, analizar el contenido mediante el uso de equipos de identificación.

5.5.2. Para el refrigerante contenido en un sistema de refrigeración y/o aire acondicionado

No existe un método específico que garantice al 100% establecer el refrigerante contenido en un sistema de refrigeración. Sin embargo, a continuación se presentan una serie de procedimientos que pueden ayudar a determinar el refrigerante que se encuentra operando en un sistema.

Pregunte: indague con los usuarios y encargados del equipo, ellos pueden tener la información que necesita, pregunte también por las hojas de mantenimiento, manuales, catálogos y/o documentación técnica de los componentes del sistema.

Inspeccione físicamente el sistema: generalmente, en los sistemas existen placas de marcación en donde se encuentra información técnica, entre la cual puede estar el tipo de refrigerante empleado. Este tipo de información también se encuentra en las unidades manejadoras de algunos sistemas de refrigeración.

Inspeccione el compresor: es frecuente que la unidad de compresión de los sistemas de refrigeración tengan una marquilla en donde se especifica el tipo de refrigerante con el cual está operando, tal como se observa en la Figura 13.

Figura 13. Etiqueta típica en un compresor



5.5.1.2. Código de colores

Inspeccione la válvula de expansión: como se observa en la Figura 14, al igual que el compresor, la válvula de expansión tiene información sobre el tipo de refrigerante con el cual trabaja.

Figura 14. Una etiqueta en una válvula de expansión



Fuente: Archivo UTO

Pregunte por la aplicación o uso que se le da al sistema: conocer la aplicación o función que presta el equipo es de mucha utilidad porque esto puede ayudarle conocer los rangos de temperatura en los que se encuentra trabajando y por ende le servirá para limitar los tipos de refrigerantes que puedan estar contenidos en él.

Utilice la relación presión – temperatura: las presiones de vapor de los refrigerantes puros, medidas a una cierta temperatura, son suficientemente distintas para la mayoría de los refrigerantes, únicamente los pares CFC-12/HFC-134 y CFC-11/HCFC-123 tienen presiones de vapor muy similares que impiden la utilización de este método para identificarlos con seguridad. Si usted cuenta con los equipos necesarios (termómetros y medidores de presión) puede establecer la relación presión – temperatura del gas contenido, tenga en cuenta que estas mediciones deben hacerse al mismo tiempo y en los mismos puntos, comparando esta relación con las contenidas en las tablas para cada refrigerante puede llegar a determinar el tipo de refrigerante utilizado.

Este método puede también utilizarse en el caso de gases contenidos en cilindros, en especial cuando considere que la información de la etiqueta y el color del cilindro no son confiables

5.5.3. Pruebas de laboratorio y equipos especiales

Existen equipos especiales que permiten conocer con exactitud el tipo de refrigerante que está contenido en un cilindro o en un sistema de refrigeración. También existen equipos que, si bien no informan cual es el refrigerante contenido, ayudan a detectar las fugas. A continuación se presenta la descripción y funcionamiento de estos equipos.

5.5.3.1. Detector de fugas.

Los detectores de fugas no sirven para identificar el tipo de gas que se encuentra en un sistema o recipiente, estos únicamente permiten descubrir o identificar las fugas de gas en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado. Existen diferentes tipos de equipos y procedimientos para descubrir o detectar las fugas en un sistema:

Método del agua – jabón: es un procedimiento económico y eficaz a la hora de detectar fugas y es el método mas empleado por los técnicos en Colombia. Consiste simplemente en preparar una mezcla de agua y jabón y aplicarla en los componentes o uniones de los sistemas donde se presume pueden estar las fugas; en el lugar donde se encuentre la fuga se forman burbujas que se pueden detectar a simple vista.

Detectores por contraste de luz UV: existen en el mercado productos para la detección de fugas de gases refrigerantes que utilizan aditamentos con tintes UV o fluorescentes. Estos aditamentos se incorporan en el sistema para que circulen junto con el gas refrigerante, y a través de una lámpara de luz ultravioleta o a simple vista, se inspecciona la tubería y componentes del equipo detectando las fugas gracias al brillo fluorescente que emite el aditamento. En la actualidad algunos fabricantes ofrecen refrigerantes que ya tienen incluido el aditamento para permitir a simple vista o con la ayuda de lámparas la identificación de las fugas.



Usted puede elegir cualquiera de los anteriores equipos o procedimientos, o combinar varios de ellos...lo importante es asegurarse de detectar y reparar todas las fugas presentes en el sistema antes de realizar una nueva carga de refrigerante

La Unidad Técnica Ozono ha preparado un afiche llamado "Herramienta rápida para detectar SAO" en el cual se consigna la información más importante de las SAO y algunas sustancias sustitutas, como nombres comerciales, nombres químicos, números NU, ASHRAE y CAS; códigos arancelarios y principales países productores

Detectores de llama: este procedimiento funciona utilizando un dispositivo que desprende una llama constante de color azul (producida por la quema de gas propano o butano). El dispositivo se pasa a lo largo de la tubería del sistema de refrigeración y cuando se encuentra una fuga de gas, la llama se torna de color verde indicando la ubicación del punto de fuga.

Detectores electrónicos: en el mercado se encuentra gran diversidad de modelos y fabricantes de estos equipos, con capacidad para detectar cualquier tipo de gas refrigerante CFC, HCFC, HFC y mezclas como el 404A. Por lo general, cuentan con una sonda flexible que permite su manipulación en ubicaciones difíciles y un sensor electrónico para la detección. Según el modelo y el fabricante, pueden variar desde equipos muy sencillos hasta detectores de diez escalas de sensibilidad y diferentes alarmas visuales y auditivas para identificar las fugas más pequeñas.

5.5.3.2. Identificador de refrigerante.

Los identificadores de refrigerantes son unidades portátiles que permiten la identificación confiable del tipo de gas refrigerante contenido en un cilindro o sistema. Actualmente estos equipos permiten la identificación de gases CFC, HCFC, HFC, e hidrocarburos, su pureza, la composición de las mezclas y los contenidos de agua. Vienen acondicionados para conectarse directamente a los cilindros de refrigerante, con procedimientos relativamente sencillos.

5.5.4. Herramienta rápida para detectar SAO

Existen diferentes mecanismos para identificar las SAO que facilitan las operaciones de reconocimiento por parte de los diferentes actores involucrados en el manejo de estas sustancias. Estos mecanismos son: nombres, números, tipos de envase, etiquetas, colores, códigos arancelarios y métodos de análisis. En general, se aconsejan las pruebas o tomas de muestra para verificar el contenido, tanto de recipientes grandes como pequeños, de todo tipo de gases y sustancias químicas, así como de equipos que utilizan o contienen SAO y de productos que contienen SAO.

Para utilizarla, simplemente se debe comparar la información de la etiqueta y las características de los recipientes que contienen las diferentes SAO con la variedad de nombres y números que muestra el afiche (Ver anexo III. Herramienta rápida para detectar SAO).

Capítulo 6.

Aceites utilizados en Refrigeración

Por su origen, los aceites se clasifican en tres principales grupos: animales, vegetales y minerales. Los aceites de origen animal y vegetal no pueden ser refinados por destilación, como los aceites minerales, debido a que se descomponen, son inestables, tienden a formar ácidos y gomas, y además, se congelan fácilmente; por lo tanto, no son adecuados para refrigeración.

El compresor, en un sistema de refrigeración mecánico, debe ser lubricado para reducir la fricción y evitar el desgaste. El tipo especial de lubricante utilizado en los sistemas de refrigeración se llama aceite para refrigeración. Este aceite debe cumplir ciertos requerimientos especiales, que le permitan realizar su función lubricante, sin importar los efectos del refrigerante y las amplias variaciones de temperatura y presión, así:

- **Buena estabilidad térmica:** con el fin de eliminar el exceso de residuos de carbón en los puntos calientes del compresor (ej., las válvulas o puntos de descarga).
- **Buena estabilidad química:** debe resistir o evitar la posible reacción química con el refrigerante o con los materiales que habitualmente se usan en los sistemas.
- **Bajo punto de fluidez:** capacidad del aceite de mantenerse fluido a la más baja temperatura del sistema.
- **Viscosidad apropiada:** capacidad de mantener buenas propiedades de lubricación a temperaturas elevadas y buena fluidez a bajas temperaturas para proporcionar una buena película lubricante todo el tiempo.
- **Bajo contenido parafínico:** la separación de la parafina de la mezcla del aceite lubricante puede tapar lo orificios de control.

Los aceites lubricantes para refrigeración, se obtienen a partir de los aceites de origen mineral o son fabricados sintéticamente según las propiedades requeridas



Además de lubricar las partes móviles del compresor, el aceite realiza las siguientes funciones: reduce el rozamiento, el desgaste y las pérdidas de energía; forma un sello entre el rotor y las paredes internas de la cámara de compresión para retener el vapor de refrigerante mientras está siendo comprimido; permite alcanzar la vida útil prevista para cada punto de fricción; amortigua el ruido generado por las partes móviles dentro del compresor; protege contra la corrosión y reduce los gastos de mantenimiento

6.1. Aceites minerales

Los aceites minerales son mezclas de hidrocarburos obtenidos por el proceso de destilación del petróleo crudo. En refrigeración, los aceites minerales utilizados se obtienen de la combinación de las siguientes bases:

- **Parafínica:** presentan altos contenidos de cera y problemas de solubilidad. Presentan alto índice de viscosidad. Los aceites de base parafínica producen más carbón que los de base nafténica.
- **Nafténica:** presentan bajos contenidos de cera, bajo punto de ebullición y tienen bajo índice de viscosidad. El carbón procedente de bases nafténicas es flojo y esponjoso y se arrastra fácilmente con los gases de escape, mientras que el que tiene su origen en bases parafínicas es más duro. Los aceites nafténicos son más volátiles que los parafínicos para la misma viscosidad y arden espontáneamente a temperaturas más altas.
- **Aromática:** para una misma viscosidad, un aceite parafínico tiene menor densidad que un nafténico y este a su vez la tiene más baja que uno de carácter aromático. La mayoría de aceites sintéticos son derivados de bases aromáticas.

Características generales: Los aceites minerales se mezclan fácilmente con los refrigerantes CFC HCFC. Son un poco menos higroscópicos que los aceites sintéticos. No son miscibles con los refrigerantes tipo HFC y sus mezclas. Por ser poco estables ante las variaciones de temperatura, presentan un bajo índice de viscosidad.

En la Tabla 9 se incluyen los nombres comerciales de los aceites minerales más comunes en el mercado.

Tabla 9. Aceites minerales y su clasificación ISO

Nombre comercial	Clasificación ISO
Witco Suniso 3GS	32
Suniso 4GS	68
Texaco Capella WF32	32
Capella Oil WF68	68
Calumet RO15	15
Witco (2,3) LP-200	200
Penreco (2,3) Sontex 200-LT Shritene	200
Esso Zerice R68	68

6.2. Aceites sintéticos

Con el desarrollo de refrigerantes alternativos, como los HFC, la industria se ha visto en la necesidad de obtener aceites que cumplan características técnicas específicas ya que los aceites

minerales pueden ocasionar daños en los sistemas dada su incompatibilidad con los nuevos refrigerantes. Los aceites sintéticos son fluidos fabricados especialmente para la lubricación por medio de reacciones químicas.

Los aceites sintéticos se preparan “a la medida” para que tengan una estructura molecular controlada, con propiedades predecibles. Existen varios tipos de aceites sintéticos, pero los que mejor resultado dan en refrigeración son del tipo POLIOLESTER (POE), POLIALQUILGLICOL (PAG), los del tipo FOSFATO ESTERES y los tipo ALQUILBENCENO.

Características generales: La característica principal de estos aceites es la miscibilidad con los HFC y sus mezclas. Como se obtienen a partir de reacciones químicas específicas, su calidad no depende de la calidad del petróleo crudo. Las ventajas de los aceites sintéticos en el campo técnico de la lubricación son su alta estabilidad térmica y resistencia a la oxidación, la favorable relación viscosidad – temperatura, el alto punto de inflamación y el buen comportamiento en frío. Sin embargo, son mas higroscópicos que los aceites minerales.

En la Tabla 10 se incluyen los Nombres comerciales de los aceites sintéticos más comunes en el mercado.

Tabla 10. Aceites sintéticos y su clasificación ISO

Nombre comercial	Clasificación ISO
Totaline® P903-1001, 1701	---
Castrol E68	68
Castrol Icematic SW32	32
ICI Emkerarate RL68H	68
ICI Emkarate RL 32CF	32
CPI CP-2916S	---
CPI Solest 68	68
Copeland Ultra 22CC	22
Mobil EAL Arctic 22CC	22
Mobil EAL Arctic 32	32
BP Marine Enersyn MP-S68	68
Thermal Zone 22CC	22

En la Tabla 11 se incluyen los nombres comerciales de los aceites tipo alquilbenceno mas comunes en el mercado.

Tabla 11. Aceites tipo alquilbenceno y su clasificación ISO

Nombre comercial	Clasificación ISO
Shreve Zerol 200 TD	200
Soltex AB200A	200
Thermal Zone 200	200
Totaline P903-2001	150
Shrieve Chemical Zerol 150	150



Existen en el mercado aceites sintéticos del tipo alquilbenceno aptos para trabajar con refrigerantes CFC, HCFC y amoníaco. Estos aceites, fabricados para mejorar las características de los aceites minerales en condiciones de bajas temperaturas de evaporación, se obtienen del petróleo a partir de una reacción conocida como alquilación. Los aceites alquilbencenos pueden usarse por si solos o en combinación con aceite mineral para mejorar su miscibilidad y retorno al compresor, consultando previamente las recomendaciones del fabricante

Nombre comercial	Clasificación ISO
Zerol 300	68
IGI Petroleum Ind CRYOL-150	150
Copeland Ultra 200	200
Icematic 2284	68
Esso Zerice S46	46
Esso Zerice S68	68

6.3. Viscosidad en los aceites y Clasificación ISO

La viscosidad se define como la resistencia de una sustancia a fluir y es una propiedad que depende de la presión y la temperatura. En los aceites, si la viscosidad es demasiado baja, la película lubricante no soporta las cargas entre las piezas y desaparece sin cumplir el objetivo de evitar el contacto metal-metal; si la viscosidad es demasiado alta el aceite no es capaz de llegar a todos los lugares donde es requerido, exigiendo mayor fuerza y generando mayor desgaste en el sistema de lubricación, además de no llegar a lubricar rápidamente en el arranque en frío.

Según el método que se utilice, existen varias unidades para expresar la viscosidad de los aceites:

Viscosidad dinámica o absoluta: se define como la resistencia de un aceite a fluir, matemáticamente se expresa como la relación entre el esfuerzo aplicado para mover una capa de aceite (tensión de corte) y el grado de desplazamiento conseguido. Su unidad de medida es el Poise (Po) en honor de Poiseville, quien en 1844 desarrolló la ecuación de viscosidad de los gases.

Viscosidad cinemática o comercial: se define como la resistencia a fluir de un aceite bajo la acción de la gravedad. También se entiende como el tiempo requerido por un volumen dado de aceite para fluir a través de un tubo capilar por acción de la gravedad. Su unidad de medida es el Stoke (St) y submúltiplos como el centiStoke (cSt) equivalente a $1 \text{ mm}^2/\text{s}$.

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) estableció desde 1975 el sistema ISO para especificar la viscosidad de los aceites industriales, pero solo hasta 1979 fue puesta en práctica por la mayoría de los fabricantes. Sus principales aspectos son:

- Únicamente clasifica los aceites industriales con base en la viscosidad cinemática expresada en centiStokes (cSt) a una temperatura de referencia de 40°C .
- Orienta acerca de la viscosidad del aceite y no informa acerca de su calidad.
- El grado ISO aparece al final del nombre del aceite industrial, cualquiera que sea su marca.

Este sistema reduce las posibilidades de equivocación en la selección del aceite a utilizar o la mezcla de aceites de diferentes viscosidades.

La viscosidad de un aceite viene especificada en la ficha técnica o en su etiqueta, utilizando diferentes unidades de medida, según el país de origen. En la Tabla 12 se especifican los diferentes grados de viscosidad en el sistema ISO y su valor equivalente tanto en cSt (centiStokes) a 40°C como en una unidad de viscosidad que ha entrado en desuso, llamada SSU (Segundos Saybolt Universal) a 100°F .



No olvide consultar, en el catálogo del fabricante del equipo, las recomendaciones del aceite a utilizar como consideración prioritaria y obligatoria

Tabla 12. Clasificación ISO de aceites y sus rangos de viscosidad equivalentes

Grado ISO	cSt/40°C		SSU/100°F	
	Mín	Máx	Mín	Máx
2	1,98	2,42	32,8	34,4
3	2,88	3,52	36,0	38,2
5	4,14	5,06	40,4	43,5
7	6,12	7,48	47,2	52,0
10	9,00	11,00	57,8	65,3
15	13,50	16,50	75,8	89,1
22	19,80	24,20	105,0	126,0
32	28,80	35,20	149,0	182,0
46	41,40	50,60	214,0	262,0
68	61,20	74,80	317,0	389,0
100	90,00	110,00	469,0	575,0
150	135,00	165,00	709,0	871,0
220	198,00	242,00	1047,0	1283,0
320	288,00	352,00	1533,0	1881,0
460	414,00	506,00	2214,0	2719,0
680	612,00	748,00	3298,0	4048,0
1000	900,00	1100,00	4864,0	5975,0
1500	1350,00	1650,00	7865,0	9079,0

La gráfica que muestra la Figura 15 permite obtener la curva característica **Viscosidad-Temperatura** para aceites sintéticos, entre un grado ISO 10 y 1500. En la escala vertical de la izquierda se da la viscosidad del aceite en cSt y en la escala horizontal inferior, la temperatura en °C y en °F respectivamente. Para hallar el grado ISO correspondiente al aceite se ubica su viscosidad en la escala vertical de la izquierda y se traza una horizontal hasta que corte la vertical correspondiente a la temperatura dada; el punto de intersección de las líneas trazadas puede coincidir con alguna de las curvas que aparecen en la gráfica, en cuyo caso, el número que la identifica sería el grado ISO del aceite correspondiente; en caso contrario, se selecciona la curva más cercana al punto. Si el punto de intersección queda ubicado en la mitad de dos curvas se selecciona la curva del mayor grado ISO.

Existe un parámetro para medir las variaciones de la viscosidad de un aceite respecto a la temperatura llamado **Índice de Viscosidad (IV)**. Para establecer una escala para esta característica, aleatoriamente se tomaron diferentes tipos de aceite y se midió su viscosidad a 40°C y 100°C, al aceite que sufrió menos cambios se le asignó un valor cien (100) de IV y al que varió en mayor proporción se le asignó un valor cero (0) de IV.

6.4. Miscibilidad entre los aceites y refrigerantes existentes en el mercado

La miscibilidad es la capacidad que tienen dos sustancias de mezclarse, en este caso se trata de los aceites y las diferentes sustancias refrigerantes que utilizan los sistemas de refrigeración y

Recuerde verificar si el fabricante expresa la viscosidad del aceite según la clasificación ISO, de lo contrario, ubique en la tabla su valor equivalente

En la práctica, para identificar si un aceite es sintético o mineral se puede utilizar el IV: aceites poco estables ante las variaciones de temperatura, como los minerales, tendrán valores de IV por debajo de 35 y aceites muy estables ante las variaciones de temperatura, como los sintéticos, tendrán valores de IV por encima de 50

aire acondicionado. La Figura 16 orienta acerca de la miscibilidad entre las diferentes familias de refrigerantes y los diferentes tipos de aceites para refrigeración ofrecidos en el mercado.

Figura 16. Miscibilidad entre refrigerantes y aceites

	MO	AB	M/A	POE	PAG
(H)CFC					
HFC					
HC					
NH ₃					

	Adecuado (compatible)		No compatible
	Compatible con limitaciones		Pruebas

MO	ACEITE MINERAL
AB	ALQUILBENCENICOS
M/A	MINERALES-ALQUILBENCENICOS
POE	POLIOLESTER
PAG	POLIALQUILGLICOLIS

Fuente: www.emc.nji.es

Desde la aparición de los HFC, que no agotan la capa de ozono y que no son miscibles con los aceites minerales, los fabricantes han trabajado para crear nuevos lubricantes. El uso de un lubricante que no sea miscible con un refrigerante HFC afecta negativamente la eficiencia del sistema de refrigeración; entonces, el aceite no miscible se separa en masas congeladas impidiendo el flujo de refrigerante en los dispositivos de expansión y elementos de transferencia de calor. El aceite no miscible se deposita en el fondo de los tubos del evaporador, provocando la falta de retorno de aceite al compresor, acelerando el desgaste de los componentes, hasta ocasionar la quema del compresor.

6.5. Materiales afines a los aceites (empaques, tuberías, entre otros)

En diferentes partes de un sistema de refrigeración se utilizan empaques y orings fabricados con elastómeros permanentemente expuestos tanto al aceite como al refrigerante. La mezcla de refrigerante-aceite puede causar que estos elastómeros se encojan o se hinchen, debilitándolos; no permitiendo que sellen y aún hasta ocasionándoles una modificación de su posición original.

Los elastómeros, aunque se comercializan bajo ciertos nombres específicos, tales como VITON - A, BUNA - N, etcétera, pueden variar significativamente de un fabricante a otro; por lo que se deben correr pruebas comparativas en muestras del mismo lote. La prueba consiste en pesar o medir una muestra del elastómero y después sumergirla en una mezcla de aceite-refrigerante por un cierto tiempo, a una cierta temperatura, para luego registrar el porcentaje que cambia en peso o en dimensiones. La Tabla 13 muestra los resultados obtenidos por los fabricantes en las pruebas para los elastómeros mas comerciales.



Elastómero significa simplemente "caucho". Lo particular de los elastómeros es que pueden ser estirados muchas veces su propia longitud, para luego recuperar su forma original sin una deformación permanente

Tabla 13. Efecto de aceites de viscosidad 32 cSt sobre algunos materiales utilizados en sistemas de refrigeración

Material	% Incremento en peso en 4 meses a 66°C	
	Aceite mineral	Aceite sintético
Neopreno W	13	10
Nylon 6-6	-1	-1
"Mylar"	0	0
Buna N	2	0
"Vitón" A	0	0
Polipropileno	12	10

Las tuberías utilizadas en sistemas de refrigeración con refrigerantes orgánicos se fabrican principalmente en cobre. La afinidad de los aceites utilizados en refrigeración con este material esta determinada por la calidad del aceite. Un aceite nuevo, bien refinado, sin aditivos ni mezclas de lubricantes, no suele ser agresivo con las tuberías, pero en presencia de ciertos aditivos, de contaminantes que se originan en la degradación del aceite, de humedad y de temperaturas altas se pueden formar ácidos, causando corrosión en las tuberías, lodos y serios problemas mecánicos.

6.6. Factores que causan degradación de los aceites y Prueba de acidez.

Cuando existen contaminantes en el sistema de refrigeración tales como aire y humedad, en una cantidad apreciable, se desarrollan todo tipo de reacciones químicas, entonces el aceite lubricante pueden entrar en descomposición, perdiendo sus propiedades lubricantes y formando ácidos corrosivos y sedimentos en las superficies de cobre y/o corrosión ligera en superficies metálicas. Las temperaturas altas en la descarga del compresor, por lo general aceleran estos procesos. Los siguientes son los principales factores que degradan los aceites utilizados en refrigeración:

Calor excesivo. Todos los aceites para refrigeración pueden ser descompuestos por el calor, cuando esto sucede, queda un residuo de carbón. Un buen aceite para refrigeración, no debe carbonizarse al entrar en contacto con superficies calientes en el sistema, durante su funcionamiento normal. Así mismo, dentro de un sistema de refrigeración, las reacciones entre el aceite y el refrigerante a altas temperaturas, pueden causar problemas tales como: formación de lodos, ácidos, gomas, lacas, barnices y cobrizado. Estos depósitos afectan las válvulas de descarga, aceleran el desgaste, tapan los conductos del aceite y en los compresores herméticos, interfieren con la operación del motor.

Humedad. El agua es uno de los contaminantes que más incide en la reducción de la vida de los lubricantes, y por lo tanto, de los elementos lubricados. La presencia de agua en el aceite es crítica en cualquiera de sus formas: libre, diluida o emulsionada, ya que afecta el espesor de la película lubricante, disminuyéndola. Esto causa que las superficies de los elementos mecánicos que se encuentran en movimiento relativo pierdan la protección y refrigeración que ofrecen los lubricantes. Además de dificultar y/o impedir la lubricación, acelera el proceso de degradación del aceite, mediante la oxidación del mismo.

Para seleccionar el material de los empaques y orings a utilizar, verifique que el porcentaje de incremento en peso del elastómero sea mínimo o nulo, así verifica la afinidad de la pieza y asegura su función en el sistema de refrigeración

Cuando requiera aceites para el mantenimiento, asegúrese de seguir las recomendaciones del fabricante y utilizar aceites debidamente etiquetados, no reutilizados y envasados adecuadamente

Los aceites sintéticos a base de polioléster (POE), son aproximadamente 10 veces más higroscópicos que los aceites minerales o de alquilbenceno (AB). Si el lubricante POE se expone a la humedad se producen alcohol y ácido. Por esta razón, los lubricantes sintéticos de POE se envasan en recipientes metálicos, en latas, bajo un sofisticado método que utiliza vacío y nitrógeno. Si se utilizan envases de plástico, con el paso del tiempo, la humedad atraviesa el plástico y se combina con el lubricante



El fabricante de un kit para Pruebas de Acidez debe indicar el código de colores para leer los resultados de la prueba, así como las especificaciones y rangos que aplican según el tipo de aceite a analizar

Un aceite debe ser tan seco, como sea posible, es decir, la cantidad de humedad que contiene un aceite, expresada en partes por millón (ppm), no debe afectar al sistema de refrigeración. Cuando un aceite para refrigeración sale de la fábrica, normalmente, tiene como máximo 30 ppm de agua. Esta cantidad puede incrementarse durante el envasado, traslado y almacenamiento, por lo que se deben tomar todo tipo de precauciones para no dejar el aceite expuesto al medio ambiente ya que los aceites son higroscópicos, esto significa, que tienen la habilidad de absorber la humedad del aire. Un almacenamiento deficiente permitirá que el agua penetre por las tapas de los envases de aceite, o incluso por condensación dentro del propio envase, cuando este está medio vacío y sufre variaciones de temperatura.

Oxidación acelerada. La estabilidad a la oxidación es la capacidad de un aceite para refrigeración a permanecer estable en presencia de oxígeno. La combinación de aire, humedad y aceite, con las altas temperaturas del compresor, producirá ácidos y lodos. Si el aceite tiene un número alto de oxidación acelerada, es casi seguro que formará lentamente estos contaminantes y perderá progresivamente sus propiedades lubricantes. La oxidación es un fenómeno que reduce la vida del aceite porque provoca aumento de la viscosidad, pudiendo llegar a ser doble incluso triple que la del aceite nuevo; oscurecimiento del aceite, pasando del tono traslucido original a ser totalmente opaco; formación de depósitos carbonosos, aunque esto ocurre en fases avanzadas de la oxidación; aumento de la acidez del aceite, debido a los productos ácidos que se forman. Dada la naturaleza química de los productos de la oxidación, la mayor parte de estos no pueden ser eliminados mediante el filtrado simple del aceite. Sólo con métodos avanzados pueden eliminarse estas sustancias: los ácidos y otras sustancias polares insolubles (como el barniz) pueden eliminarse mediante separadores electrostáticos, resinas de intercambio de iones y alúmina activada; los absorbentes de alta densidad, tales como la celulosa comprimida, son efectivos para eliminar lodos y otras sustancias insolubles. Al ser algunas de estas sustancias catalizadores, su eliminación contribuye a prolongar la vida del aceite.

Prueba de acidez

La prueba de acidez es un procedimiento que se puede realizar tanto en la instalación como en el taller de servicio para determinar si el contenido de ácido del aceite se encuentra dentro de los límites de operación segura para un sistema de refrigeración en particular. La prueba se basa en la reacción química de soluciones con una muestra de aceite tomada del sistema de refrigeración.

En el mercado existen diferentes presentaciones de esta prueba, con rangos y aplicaciones específicas que responden a las recomendaciones de su respectivo fabricante. En general, si se sospecha de la presencia de acidez y, antes que ocurra un daño extensivo y/o una quema de motor, se debe probar el sistema de refrigeración para determinar si el contenido de ácido del aceite está dentro de los límites aceptables que propone el fabricante del equipo.

La Tabla 14 expone, como referencia, los puntos de cambio de color de un kit comercial para Prueba de acidez con aceite mineral, alquilbenceno y POE.

Tabla 14. Nivel de acidez según el tipo de aceite

Tipo de aceite	Nivel de Acidez Satisfactorio		Nivel de Acidez Marginal		Insatisfactorio	
	Color de solución	Número de ácido	Color de solución	Número de ácido	Color de solución	Número de ácido
Mineral o alquilbenceno	Morado o Rojo	Menor que 0.05	-	-	Naranja o Amarillo	0.05 o Mayor
POE	Morado o Rojo	Menor que 0.17	Naranja	0.17 a 0.23	Amarillo	0.23 o Mayor

Fuente: www.acalhy.com

En la tabla se observa que, a medida que aumenta el nivel de acidez en el aceite, la solución indicadora cambia de color. El color varía dependiendo del tipo de aceite y del fabricante de la prueba de acidez.

Capítulo 7.

Recuperación y Reciclaje de los Refrigerantes

Los procedimientos de recuperación y reciclaje de refrigerantes permiten reincorporar al ciclo productivo aquellos refrigerantes que, por razones de mantenimiento, deben ser retirados de un sistema de refrigeración y/o aire acondicionado, garantizando sus propiedades y características técnicas de operación. La recuperación y el reciclaje de refrigerantes, como una de las Buenas Prácticas por excelencia, hacen parte de la estrategia mundial para disminuir el consumo de refrigerantes que agotan la capa de ozono y evitar su liberación a la atmósfera.

7.1. Recuperar, Reciclar, Regenerar

Recuperar. Proceso por el cual se retira el refrigerante en cualquier condición de un sistema y se deposita en un recipiente externo. (Definición ISO 11650).

Reciclar. Proceso empleado para reducir los contaminantes que se encuentran en el refrigerante usado mediante la separación del aceite, la remoción de las sustancias no condensables y la utilización de filtros para reducir la humedad, la acidez y material particulado. (Definición ISO 11650).

Regenerar. Proceso que se aplica al refrigerante usado para que cumpla con las especificaciones de producto nuevo. Se debe verificar, por medio de un análisis químico, que el refrigerante regenerado si responde a las especificaciones propias de un refrigerante nuevo. (Definición ISO 11650).

7.2. Contaminantes de los refrigerantes

Los contaminantes son sustancias indeseadas presentes en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado que, en determinadas cantidades, afectan su funcionamiento adecuado. Pueden estar en forma líquida, sólida y/o gaseosa, así:

- **Sólidos:** polvo, mugre, fundente, arena, lodo, óxidos de hierro y cobre, sales metálicas como cloruro de hierro y cobre, partículas metálicas como soldadura, rebabas, limaduras, entre otros.
- **Líquidos:** agua, resina, cera, solventes y ácidos.
- **Gaseosos:** aire, ácidos, gases no condensables y vapor de agua.

7.2.1. Humedad

Está siempre presente en los sistemas de refrigeración. Sus límites aceptables varían de un sistema a otro y de un refrigerante a otro. Este contaminante no es deseable en ninguno de sus estados porque, en combinación con otros factores, ocasiona la formación de otros contaminantes: ácidos orgánicos e inorgánicos, cloruro de cobre, entre otros. La humedad puede entrar fácilmente en el sistema, siendo la causa de la mayoría de los problemas en los sistemas de refrigeración. Entre ellos, se destacan los siguientes:

- Formación de hielo en el elemento de expansión (válvula de expansión termostática – VET-, tubo capilar, accurater, etc) obstruyendo el paso de refrigerante al evaporador con una consecuente disminución de los valores en la presión de evaporación, incluso hasta niveles de vacío.
- Oxidación y corrosión de partes metálicas.
- Descomposición química del refrigerante y del aceite.
- Cobrizado de partes metálicas.
- Daño químico al aislamiento del motor u otros materiales.
- Hidrólisis del refrigerante formando ácidos y más agua.
- Polimerización del aceite, descomponiéndolo en otros contaminantes.

¿Cómo se puede evitar el exceso de humedad en el sistema?

Fácil, realizando buenas prácticas en los mantenimientos y montajes de sistemas de refrigeración y aire acondicionado. En el capítulo 8 de esta cartilla se describen las prácticas que influyen directamente en el servicio a ejecutar. En tal sentido, se debe realizar un excelente barrido, presurización, vacío y carga de refrigerante con los equipos y herramientas adecuadas a los requerimientos del sistema.

Así mismo, se debe cuidar la manipulación de los aceites (principalmente sintéticos por ser más higroscópicos) y las tuberías del sistema (no soltar en el piso y mucho menos sin tapar sus dos extremos), no hacer autovacío y en general alejar cualquier otra fuente de humedad posible según la ubicación del servicio.

¿Qué grado de humedad es permisible dentro del sistema?

Nadie lo sabe con certeza, existen sistemas que la toleran más que otros. La humedad deberá mantenerse por debajo del nivel máximo permisible establecido por el fabricante, para que el sistema opere satisfactoriamente.

7.2.2. Partículas

Las partículas sólidas pueden ser originadas por el sistema o entrar en él desde fuera y presentarse en forma de limaduras, rebabas, gotas de soldadura, fundente, fragmentos de

desgaste de piezas metálicas, fragmentos de sellos, virutas de hierro, arena de lija, productos de la degradación del aceite o productos de la degradación del equipo, entre otros, que frecuentemente terminan en el compresor. A temperaturas elevadas, las partículas reaccionan químicamente y facilitan la descomposición de la mezcla aceite-refrigerante. Aunque las partículas son eliminadas mediante filtrado, la presencia de ciertos tipos de estas, tales como fragmentos de sellos o productos sólidos de la corrosión, son indicativos de otro tipo de problemas en el sistema que requieren ser tratados. Las partículas en un sistema de refrigeración causan problemas como:

- Abollamiento o erosión de las superficies; ralladura de las paredes de los cilindros y los cojinetes.
- Obstrucción o taponamiento del elemento de expansión.
- Alojarse en el devanado del motocompresor, actuando como conductores y creando corto circuito, o actuando como abrasivos en el aislante del alambre.
- Depositarse en los asientos de las válvulas de succión o descarga, reduciendo significativamente la eficiencia del compresor.
- Taponamiento de los orificios de circulación de aceite en las partes móviles del compresor (cigüeñal, biela, pistón, scroll, tornillos, etc.), provocando fallas por falta de lubricación.
- Servir como catalizadores, acelerando la descomposición química del refrigerante y aceite.

7.2.3. Ácidos

A pesar de la estabilidad de los refrigerantes, los ácidos se pueden originar cuando el refrigerante reacciona con el aceite o con el agua, a temperaturas elevadas. Todas estas reacciones resultan en la formación de compuestos corrosivos que deterioran las partes metálicas del sistema de refrigeración. El ritmo de corrosión de cada material está determinado por sus características, por ejemplo, el acero se corroerá a niveles de humedad inferiores a los del cobre o bronce. Una fuente de acidez en los sistemas es el ácido orgánico formado por la descomposición del aceite. Por otra parte, los ácidos inorgánicos como el clorhídrico, son más corrosivos y atacan principalmente las partes metálicas de acero, aunque también tienen un efecto corrosivo sobre el barniz, aislante del alambre del embobinado del motocompresor, disolviéndolo y creando la posibilidad de un corto circuito.

7.2.4. Gases no condensables

Se llaman así a todo tipo de sustancias diferentes al refrigerante que, estando en el interior del sistema, nunca alcanzan una fase líquida. Se identifica su presencia si la presión de condensación es mayor a la presión de saturación a la temperatura determinada por las condiciones ambientales locales. Este contaminante disminuye la capacidad de enfriamiento o eficiencia térmica del sistema de refrigeración y, en casos severos, puede disminuir la vida útil del compresor. Su afectación depende del diseño del sistema, del tipo de refrigerante, del tipo particular y cantidad de gas no condensable presente. Los químicamente reactivos, tales como el ácido clorhídrico, atacarán otros componentes en el sistema y en casos extremos producirán fallas. Los que son químicamente inertes como el aire, el hidrógeno, el oxígeno, el bióxido de carbono, el nitrógeno contribuyen a incrementar la presión de condensación y, por lo tanto, la temperatura de descarga del compresor, acelerando las indeseables reacciones químicas con las consecuencias ya descritas. Los gases no condensables provienen de diferentes fuentes, internas o externas al sistema, entre las cuales están: fugas en el lado de baja; evacuación incompleta del sistema; algunos materiales los liberan cuando se descomponen a alta temperatura o se desgastan durante la operación; reacciones químicas durante la operación del sistema. En un equipo bien diseñado y con adecuado mantenimiento, sólo se encuentran trazas —cantidades mínimas— de estos gases.

¿Cómo se alcanzan altas temperaturas de condensación indeseadas? Por condensadores sucios, presencia de gases no condensables en el condensador, alta relación de compresión, excesivo sobrecalentamiento (superheat) del gas de succión del compresor, falla del ventilador en condensadores de convección forzada, entre otros

En la recuperación de refrigerantes se debe aclarar que, independientemente del método empleado, lo que se desea es generar una diferencia de presión entre el sistema y el cilindro de recuperación para que el refrigerante fluya en la dirección deseada

7.2.5. Otros

En esta categoría cabe destacar los lodos y barnices, consecuencia directa de la presencia de humedad en el sistema. Los ácidos formados y el agua se emulsionan con el aceite formando lodos, una mezcla de glóbulos muy finos que reducen enormemente su capacidad de lubricación. El lodo o los sedimentos pueden tomar la forma de líquidos fangosos, polvos finos, sólidos granulosos o pegajosos capaces de tapar los filtros y el elemento de expansión y corroer superficies metálicas a las que se adhieren, acelerando su deterioro. El barniz es un subproducto de la descomposición del aceite tipo alquilbenceno, su presencia puede obstruir orificios pequeños y acumularse en las válvulas de compresores causando eventuales fallas.

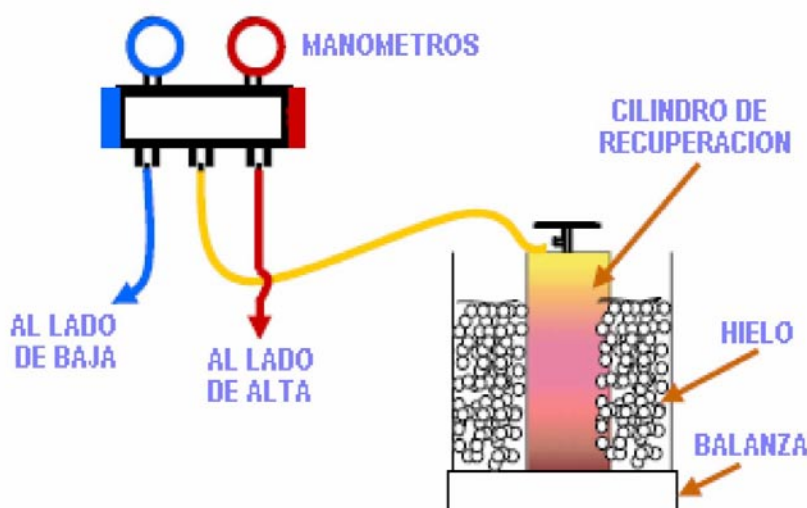
Las temperaturas de descarga pueden variar en diferentes modelos de compresores y en diferentes condiciones de operación, según el tipo de refrigerante. Si, por ejemplo, para un refrigerante se encuentran temperaturas cercanas a los 130°C en la válvula de descarga durante la operación normal del sistema, en condiciones de operación anormales se pueden alcanzar temperaturas alrededor de 150°C.

7.3. Recuperación de refrigerantes: métodos y equipos de recuperación asociados a los requerimientos del servicio a ejecutar

7.3.1. Métodos de recuperación sin equipos

Como su nombre lo indica, estos métodos no utilizan un equipo de recuperación. Para generar la diferencia de presión necesaria se emplean técnicas recursivas que buscan disminuir la presión en el cilindro de recuperación y/o elevar la presión de condensación del sistema. Se enunciarán dos métodos de recuperación sin equipos, entendiendo que, en la práctica, pueden tener múltiples variaciones. En el primer método, conocido como migración de carga, se suele enfriar el cilindro de recuperación, rodeándolo con hielo dentro de un tanque, según se observa en la Figura 17:

Figura 17. Recuperación por migración de carga



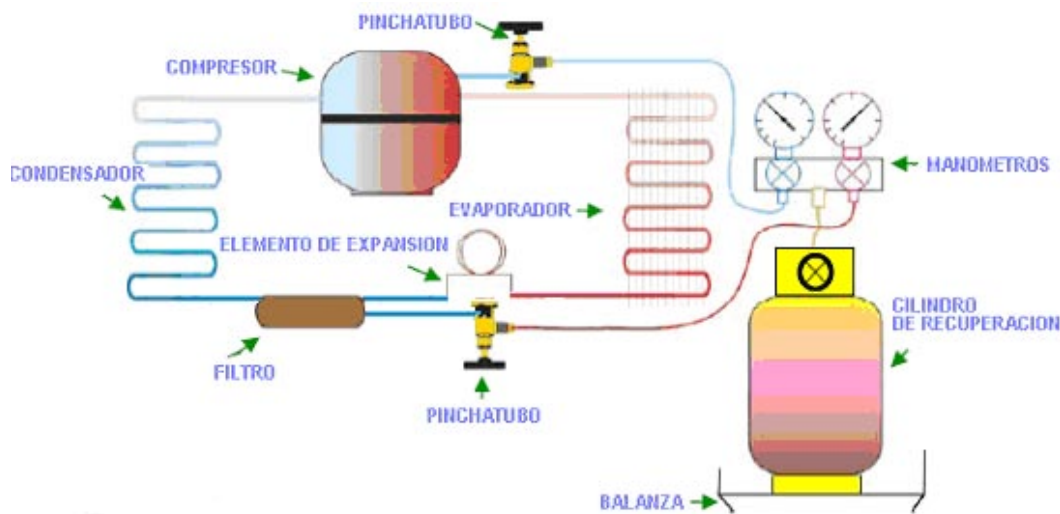
Fuente: www.unep.fr/ozonaction

¿Por qué cuando se disminuye la temperatura del cilindro también se disminuye su presión interna?

Porque en condiciones saturadas del refrigerante, cualquier disminución de temperatura implica una consecuente disminución inmediata de presión. Un refrigerante está saturado si se advierte la presencia de líquido dentro del cilindro que lo contiene.

En el segundo método, conocido como recuperación pasiva acelerada, es condición necesaria que el compresor del sistema esté funcionando. En la Figura 18 se observa la conexión sugerida para un sistema de compresor hermético, sin válvula de servicio. El mismo compresor del sistema genera la diferencia de presión requerida para que el refrigerante se desplace hacia el cilindro de recuperación, verificando constantemente que la presión de succión del compresor no se encuentre por debajo de 0 psig.

Figura 18. Recuperación pasiva acelerada



Fuente: unep.fr/ozonation

¿Dónde se conecta la manguera que conducirá el refrigerante al cilindro de recuperación?

Para que la recuperación sea más rápida, la manguera se debe conectar en la línea de líquido. La Figura 19 ilustra un cilindro de recuperación típico.

Figura 19. Cilindro de recuperación



Fuente: Archivo UTO

Para aumentar la presión en el condensador, NUNCA utilice una fuente de calor externa como la generada por sopletes. El aumento descontrolado de la temperatura aumenta la presión del refrigerante a niveles que la tubería del condensador no soporta, provocando una peligrosa explosión



Los métodos de recuperación sin equipos no permiten hacer vacío ni alcanzar una presión manométrica igual a cero, por tanto, no recuperan el 100% del refrigerante del sistema. Al igualar la presión del sistema con la del cilindro de recuperación, la cantidad de refrigerante recuperada dependerá de las condiciones ambientales, de la carga de refrigerante, de la eficiencia de la técnica empleada, entre otras.

7.3.2. Métodos de recuperación con equipos

Para retirar el refrigerante de un sistema, estos métodos requieren de un equipo o máquina capaz de generar la diferencia de presión requerida entre el sistema y el cilindro de recuperación. Aunque su objetivo final es el mismo, los equipos de recuperación que ofrece el mercado, con disponibilidad creciente, varían en capacidad y propósito, según el tipo de refrigerante, las características técnicas del sistema que lo contiene y las necesidades de mantenimiento identificadas. La recuperación de refrigerantes es una práctica que requiere ser ejecutada por personal certificado, con capacidad para asumir los procedimientos y recomendaciones que cada fabricante describe para sus equipos.

Entre la variedad de equipos para recuperación de refrigerantes, se encuentran máquinas de accionamiento manual y máquinas de accionamiento eléctrico. Las de accionamiento manual, como la mostrada en la Figura 20, se utilizan para el servicio en sistemas de refrigeración domésticos, donde la carga de refrigerante no supera los 300 gramos.

Figura 20. Equipo de recuperación manual



Fuente: Técnica Ozono. 2006

Las unidades pequeñas, como la mostrada en la Figura 21, funcionan con un compresor rotativo que permite realizar autopurga, después de cada proceso de recuperación y antes de ejecutar el siguiente y no requiere aceite, haciendo posible su uso con diferentes refrigerantes sin peligro de contaminación o mezcla de aceites.

Figura 21. Equipo de recuperación de accionamiento eléctrico



Fuente: Archivo presentaciones Unidad Técnica Ozono. 2006

Los equipos de recuperación pueden retirar el refrigerante en estado vapor o líquido en un tiempo muy corto según las exigencias del sistema, pero emplean menos tiempo si la recuperación se realiza por líquido; así mismo, funcionan de modo más eficiente si la longitud de las mangueras de conexión es la más corta posible y su diámetro el más ancho posible.

Los equipos de recuperación pueden extraer el refrigerante de un sistema utilizando cualquiera de los siguientes métodos o una combinación entre ellos, evitando siempre que el refrigerante llegue en estado líquido hasta el compresor de la recuperadora.

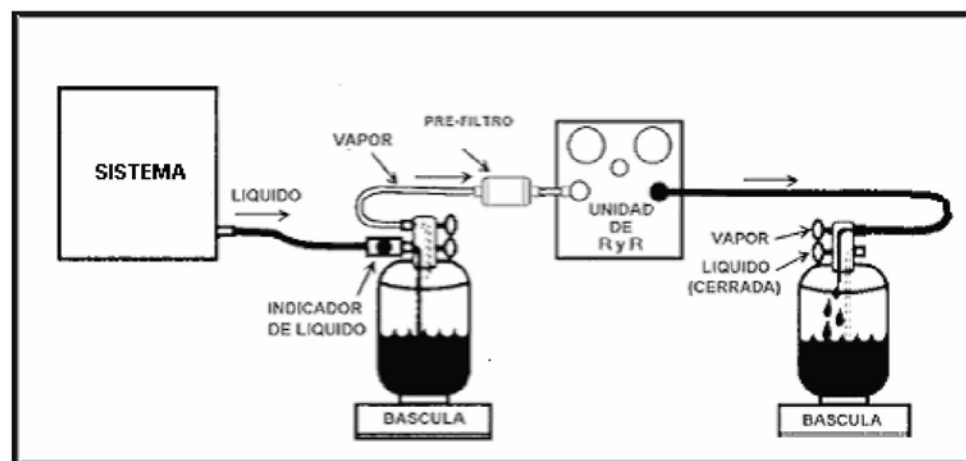
Recuperación por transferencia de líquido. Este método consiste en permitir el flujo de refrigerante en estado líquido del sistema a dos o más cilindros de recuperación. La recuperación por transferencia de líquido no permite extraer todo el refrigerante contenido en el sistema, haciendo necesario un proceso posterior de recuperación utilizando el método de Transferencia de vapor (Ver su descripción en este mismo capítulo).

Los accesorios y equipos mínimos necesarios para realizar una recuperación por transferencia de líquido son los siguientes:

1. El sistema cargado con el refrigerante a recuperar
2. Manómetros con sus mangueras
3. Máquina recuperadora
4. Dos cilindros de recuperación, como mínimo
5. Indicador de líquido o mirilla

La manguera del sistema se conecta en la línea de líquido, es decir, a la salida del condensador –en aires acondicionados y neveras domésticas- o en la botella de líquido, en sistemas que la tienen, como cuartos fríos. La función principal de la máquina recuperadora es disminuir la presión al interior del primer cilindro, para lo cual se requieren dos cilindros: el primero recibe el refrigerante líquido que sale directamente del sistema; el segundo recibe el refrigerante que la máquina recuperadora extrae en estado de vapor del primer cilindro, facilitando el flujo del refrigerante desde el sistema de refrigeración. A través de la mirilla se debe verificar que existe flujo constante de refrigerante líquido. La Figura 22 ilustra las conexiones típicas de este método.

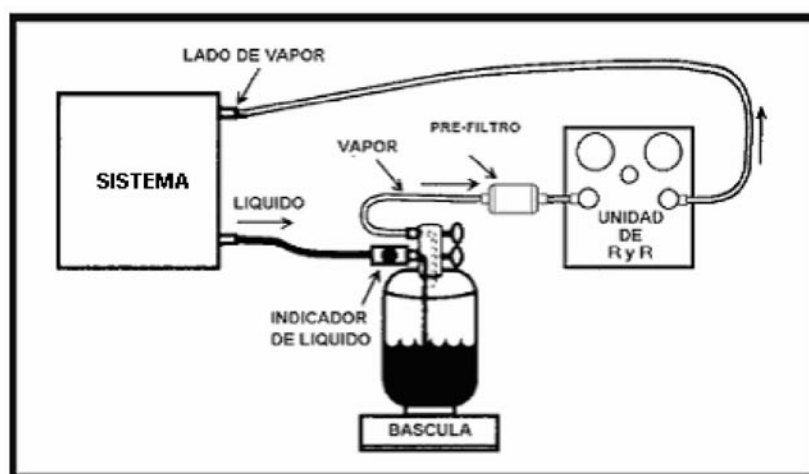
Figura 22. Recuperación de refrigerante de un sistema utilizando el método de transferencia de líquido



Fuente: Adaptación del Manual técnico VALYCONTROL, 1996.

Recuperación por compresión y aspiración (Push/Pull). Este método consiste en forzar el flujo de refrigerante en estado líquido del sistema a un cilindro de recuperación, utilizando la máquina recuperadora para aumentar la presión en el sistema. El proceso de recuperación inicia cuando la unidad de recuperación disminuye la presión del cilindro, generando un efecto de succión (movimiento “pull”) que inducirá la salida del refrigerante líquido del sistema. Las condiciones ambientales causan que parte del refrigerante recuperado en el cilindro se evapore. Para mantener la diferencia de presión entre el sistema y el cilindro, la unidad recuperadora succiona el refrigerante evaporado y lo inyecta nuevamente al sistema (movimiento “push”). Para lograr una recuperación exitosa con este método, se conecta la válvula de gas del cilindro a la unidad de recuperación y la válvula de líquido del cilindro a la línea de líquido del sistema, como se ilustra en la figura 23.

Figura 23. Recuperación de refrigerante de un sistema utilizando el método “push/pull”



Fuente: Adaptación del Manual técnico VALYCONTROL, 1996.

¿Cuáles son las diferencias entre recuperar con el método de transferencia de líquido y el método “Push/Pull”?

Aunque los dos métodos recuperan el refrigerante por líquido, con el método “Push/Pull” se necesita un sólo cilindro de recuperación. Ahora bien, si se tienen dos sistemas de la misma gama y capacidad, al aplicar este método se logra “empujar” con mayor rapidez el refrigerante que aún no ha salido del sistema, cuando se reinyecta el vapor saturado que se forma en el cilindro por las condiciones ambientales. Es claro que la masa de refrigerante que se está recuperando por líquido en el cilindro es mayor que la masa de vapor que se está reinyectando al sistema.

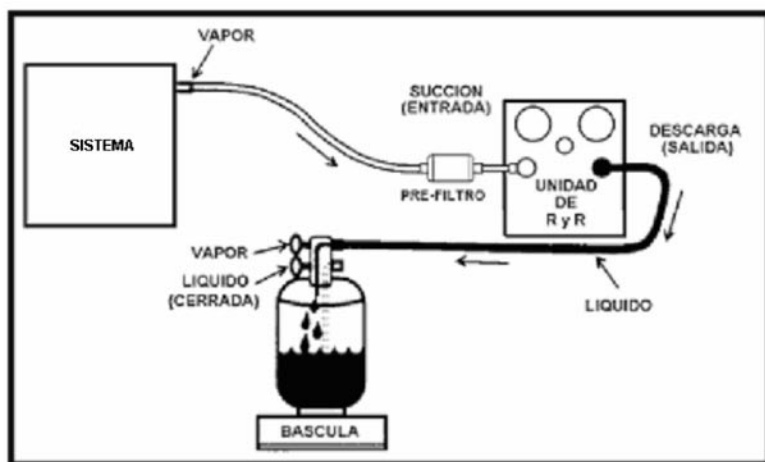
Recuperación por transferencia de vapor. Como se explicó, este método complementa la recuperación, asegurando que todo el refrigerante sea retirado del sistema. Este método consiste en permitir el flujo de refrigerante en estado de vapor desde el sistema hacia un cilindro de recuperación. La manguera del sistema se conecta en la línea de succión, es decir, entre el evaporador y el compresor. La función principal de la máquina recuperadora es disminuir la presión del sistema, una vez inicie el flujo del refrigerante en estado de vapor, la máquina lo condensa y lo deposita en el cilindro de recuperación en estado líquido. Ahora bien, si se hace uso de este método para recuperar todo el refrigerante, esto exigirá más tiempo que cuando se transfiere en estado líquido, y por lo tanto esta consideración debe



En conclusión, recuperar con el método “Push/Pull” es más rápido pero, al igual que con el método de transferencia de líquido, se requiere un proceso posterior de recuperación utilizando el método de transferencia de vapor

ser tomada en cuenta cuando se seleccione el método de recuperación para un sistema en particular. La Figura 24 ilustra las conexiones necesarias.

Figura 24. Recuperación de refrigerante de un sistema utilizando el método de transferencia de vapor



Fuente: Adaptación del Manual técnico VALYCONTROL. 1996.

7.3.1. Recomendaciones de uso, almacenamiento y transporte de recipientes para refrigerante recuperado

En el capítulo de normatividad internacional se mencionó la Guía K expedida por la ARI, que orienta acerca de las buenas prácticas para quienes suministran, usan, almacenan y transportan contenedores para refrigerantes halocarbonados no inflamables recuperados. En esta sección se desarrollan los contenidos principales de la citada Guía.

Para estos refrigerantes en particular, se requiere atender las siguientes consideraciones de seguridad:

- **Los cilindros** donde van a ser almacenados deben cumplir las normas y especificaciones de las entidades que regulan el transporte de envases a presión en cada país. En el caso de los cilindros fabricados en Estados Unidos esta función está a cargo del DOT (Department of Transportation). En Colombia, según Decreto 1609 de julio 31 de 2002, el Ministerio de Transporte es la entidad oficial encargada de dictar las disposiciones para el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.
- El recipiente donde se envasa el refrigerante virgen no debe emplearse bajo ninguna circunstancia como cilindro para recuperar por el peligro que representa para el operario y personas alrededor.
- Los cilindros e isotanques utilizados para recuperar deben ser sometidos a prueba hidrostática al menos una vez cada cinco años.
- La máxima cantidad en masa de refrigerante permisible a almacenar en cada cilindro está determinada como el 80% de la masa total que pudiera ser envasada en todo el recipiente.

La Guía K sugiere el color de los recipientes para almacenar refrigerante recuperado: color amarillo en el cuello y la parte superior del cilindro y color gris en el cuerpo del cilindro. Por último, considerando que cada refrigerante tiene su densidad específica, el cilindro debe estar etiquetado con la capacidad para la cual fue fabricado.

La Figura 25 ilustra las consideraciones para diligenciar o verificar la rotulación o etiquetado de un cilindro apto para almacenar refrigerante recuperado.

Figura 25. Rotulado de cilindros de recuperación

NOMENCLATURA PARA SEGUIMIENTO DE LAS FECHAS DE PRUEBA:
Esta nomenclatura indica la fecha de la última prueba hidrostática realizada al cilindro por una entidad acreditada y su código o registro particular asignado durante la prueba. La información puede aparecer lineal o en forma de rombo. Veamos un ejemplo:

12 A1 01
 32

Esta nomenclatura indica que el cilindro fue probado por última vez en Diciembre de 2.001. El código asignado al cilindro es el A132. Por lo tanto, este cilindro deberá ser probado nuevamente antes de Diciembre de 2.006.

NOMENCLATURA PARA IDENTIFICACION DE RIESGOS EN CASO DE INCENDIO O EMERGENCIA:
El código NFPA 704 establece un sistema de identificación de riesgos para que, en un eventual incendio o emergencia, las personas afectadas puedan reconocer los riesgos de los materiales respecto del fuego, aunque estos no resulten evidentes. El código consiste de una etiqueta con el nombre del material y cuatro secciones con un color asignado en cada caso. Veamos un ejemplo:

En cada una de las secciones se coloca el grado de peligrosidad: 0,1,2,3,4, siendo cero el menos peligroso, aumentando la peligrosidad hasta llegar a 4, nivel mas alto.

En rojo: riesgo por inflamabilidad
En amarillo: riesgo por reactividad
En azul: riesgos para la salud
En blanco: riesgos especiales, si no presenta aparece vacío.

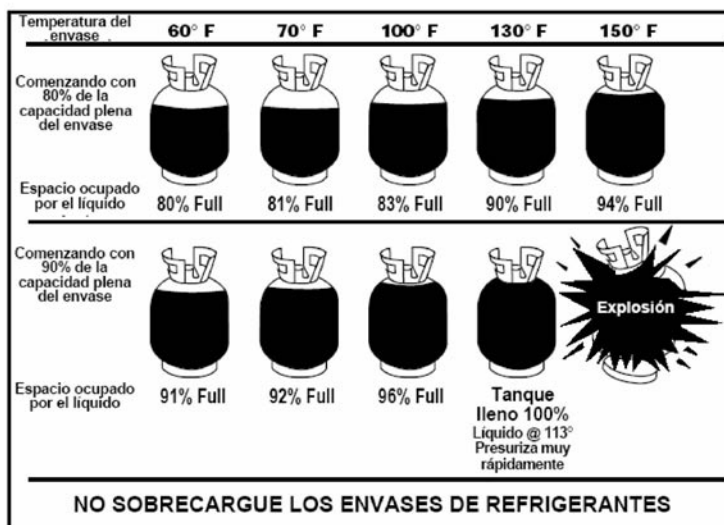
NOMENCLATURA PARA GASES NO INFLAMABLES:
Se utiliza para gases que son transportados a una presión no menor de 280 kPa a 20 °C como líquido refrigerado y que son asfixiantes u oxidantes.

El número 2 indica la clase asignada por las Naciones Unidas para los gases no inflamables, no tóxicos. El cilindro y el número pueden estar en color negro o blanco.

Fuente: Archivo UTO

La Figura 26 ilustra, en una secuencia gráfica, la relación entre la temperatura y los peligros que acarrea el sobrellenado de un cilindro de recuperación mientras que la Figura 27 muestra casos reales de accidentes por el sobrellenado de cilindros de recuperación.

Figura 26. Consecuencias del sobrellenado de los cilindros de recuperación



Fuente: www.macsn.org