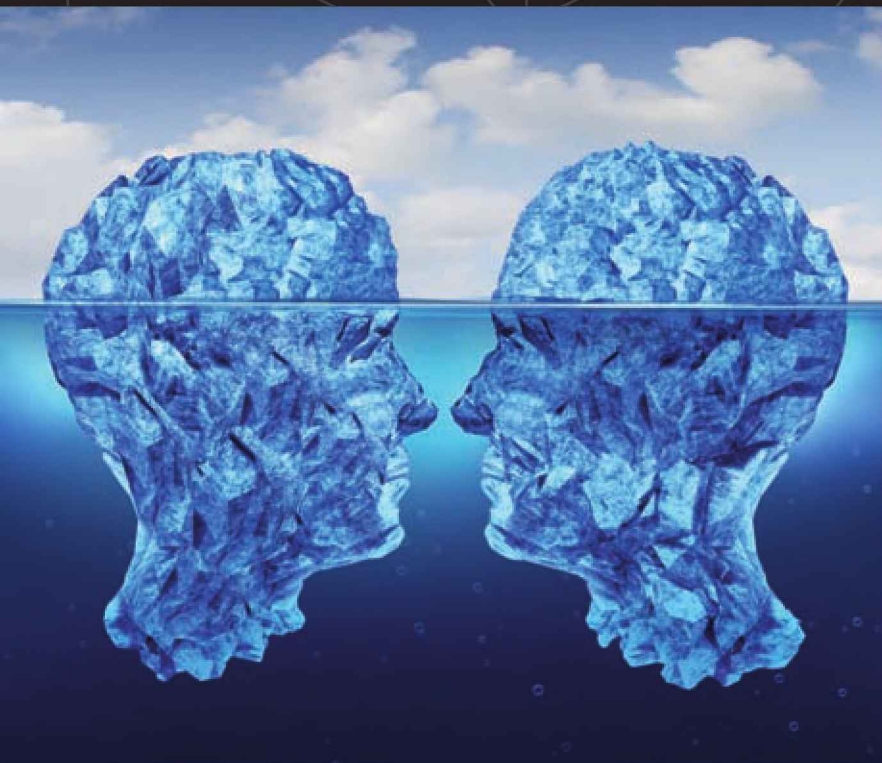


Fluidos refrigerantes y lubricantes



Desde la Antigüedad, se han empleado sustancias para conseguir bajas temperaturas. Para la conservación de alimentos, se ha empleado sal y, posteriormente, hielo y, en la actualidad, se emplean neveras o cámaras frigoríficas. Para la producción de hielo o para el funcionamiento de neveras o cámaras frigoríficas, es necesario que, por las tuberías del circuito de compresión de vapor, circulen unas sustancias que reciben el nombre de refrigerantes. En esta unidad, aprenderás lo que es un refrigerante, su función en el sistema frigorífico, cómo se clasifican, a analizar los problemas medioambientales que ha conllevado su uso y las posibles soluciones a los mismos, las instrucciones para manipularlos y la función de los lubricantes.

6

Contenidos

- 6.1. Definición y características de los refrigerantes
- 6.2. Refrigerantes e impacto ambiental
- 6.3. Clasificación de los refrigerantes
- 6.4. Denominación de los refrigerantes
- 6.5. Mezclas de gases refrigerantes
- 6.6. Control y manipulación según normativa
- 6.7. Lubricantes
- Resumen
- Actividades finales

Objetivos

- Principales características de los refrigerantes.
- Identificación de los refrigerantes empleados en las aplicaciones más habituales.
- Cómo se clasifican.
- Lubricantes según el tipo de refrigerante. Miscibilidad y solubilidad.
- Manipulación de refrigerantes.

6.1. Definición y características de los refrigerantes

Podemos definir un refrigerante como la sustancia que tiene la capacidad de transportar e intercambiar calor con el medio ambiente, cediéndolo a alta temperatura y absorbiéndolo a baja. Podemos clasificarlos según la forma de intercambiar calor en:

- **Fluido frigorígeno o refrigerante primario.** Extraen calor por aumento de su calor latente, es decir, cambian de estado cuando reciben o ceden calor.
- **Fluido frigorífero o refrigerante secundario.** Extraen calor por aumento de su calor sensible, pero no cambian de estado cuando reciben o ceden calor.

A continuación, vamos a analizar cuáles son las características a tener en cuenta en la elección de un refrigerante y cuál es su valor más conveniente para el circuito frigorífico.

- **Temperatura de ebullición.** Debe ser lo más baja posible para una determinada presión, de tal forma que permita reducir la presión de evaporación de refrigerante permaneciendo en estado líquido a bajas temperaturas.
- **Volumen específico de vapor (m^3/kg).** Es el espacio que ocupa la unidad de masa de vapor refrigerante.

Debe ser lo más bajo posible para conseguir un alto rendimiento de la instalación.

- **Calor latente de evaporación.** Es la cantidad de calor absorbido por el líquido refrigerante en el cambio de estado. Su valor debe ser elevado.
- **Temperatura y presión críticas.** Es el punto a partir del cual el refrigerante se mantiene en estado gaseoso. El refrigerante no se condensará al extraerle calor, aunque elevemos la presión.
- **Interacción con el aceite.** Un refrigerante debe ser miscible con el aceite para que no se acumule en puntos de la instalación y origine pérdida de eficiencia entre otros problemas, que veremos más adelante.
- **Temperatura y presión de condensación.** Deben ser bajas para garantizar que la condensación pueda realizarse a temperatura ambiente.
- **Interacción con el agua.** Es conveniente que el refrigerante tenga una alta capacidad de absorción de agua para que no aparezca libre en el circuito.
- **Inflamabilidad.** No debe ser explosivo ni inflamable. Como veremos más adelante, los refrigerantes se clasifican en tres grupos de seguridad teniendo en cuenta la inflamabilidad y los efectos tóxicos.

Hay una mínima concentración en el aire a partir de la cual la mezcla puede ser inflamable (LI).

Grupo de seguridad

| | | | |
|----------------------------|------------------------|-------------------------|----------------|
| | Altamente inflamable | A3 | B3 |
| | Ligeramente inflamable | A2 | B2 |
| | No inflamable | A1 | B1 |
| Inflamabilidad creciente ↑ | | Baja toxicidad | Alta toxicidad |
| | | → → Toxicidad creciente | |

Figura 6.1. Grupos de seguridad y su determinación en función de la inflamabilidad y toxicidad. De forma simplificada se denominan grupo L1 (A1); grupo L2 (A2, B1, B2) y grupo L3 (A3, B3)

Si la concentración de la mezcla aumenta, la cantidad de oxígeno disminuirá, llegando a un punto a partir del cual la mezcla no podrá inflamarse (LS). Estas concentraciones se suelen dar en porcentajes de volumen.

- **Toxicidad.** Un refrigerante no debe ser tóxico ni venenoso para que no represente ningún peligro para los profesionales que se encarguen de su manipulación. Este término solo tiene sentido cuando se proporciona con el grado de concentración y el tiempo de exposición para causar daños. Así, se utiliza el parámetro TLV(TWA) como índice, que nos indica el valor límite umbral de concentración media ponderada en el tiempo para una jornada normal de trabajo (8 horas al día, 40 horas a la semana), es decir, el periodo en el que se puede estar expuesto sin sufrir efectos adversos para la salud.
- **Efectos sobre otros materiales.** Los refrigerantes pueden tener efectos corrosivos sobre algunos metales o reaccionar y dar como resultado otros productos.
- **Facilidad para detectar las fugas.** Los refrigerantes tienen tendencia a fugarse y su detección debe ser rápida. Por ejemplo, a través de un olor peculiar, en caso de no ser así, hay que añadirle pequeñas cantidades de sustancias que le aporten un olor característico.
- **Coste.** Deben ser los más económicos posible.

SABÍAS QUE...

Las salmueras son fluidos frigoríferos inorgánicos que se han utilizado tradicionalmente en la conservación de alimentos. Al añadir sal (NaCl) al agua, la temperatura de congelación estará por debajo de 0 °C. Tienen la desventaja de que presentan problemas de corrosión, por lo que el sistema debe mantenerse a alta presión y sin estar en contacto con la atmósfera.

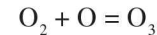
6.2. Refrigerantes e impacto ambiental

Debido a la problemática medioambiental existente, el hombre ha tenido que tomar medidas drásticas que ayuden a la conservación del medio ambiente y de esta forma conseguir que su actividad económica sea sostenible. A continuación, vamos a analizar el impacto que estas medidas han tenido en los refrigerantes.

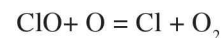
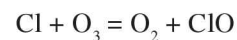
6.2.1. La destrucción de la capa de ozono

El ozono se encuentra presente en la estratosfera y actúa como filtro de los rayos ultravioletas del sol. Para que se

forme el ozono, tiene que producirse la siguiente reacción:



El hombre, debido a su actividad productiva, ha estado continuamente emitiendo productos dañinos para la capa de ozono, pero nos podríamos preguntar: ¿Qué tiene que ocurrir para que se destruya la capa de ozono? Si las concentraciones de cloro y de bromo aumentan debido a emisiones de compuestos químicos, entre los que cabe destacar los compuestos clorofluorocarbonados (CFC) como puede ser el caso de los fluidos refrigerantes, el cloro reacciona con la molécula de ozono y se produce la siguiente reacción:



En la que podemos observar cómo se destruye la molécula de ozono y se obtienen diferentes compuestos químicos.

Para evitar esta situación, hubo que tomar importantes acciones correctivas y, tanto en el Protocolo de Kioto como en el de Montreal, se fijaron unos objetivos para la reducción de las emisiones de gases invernaderos a la atmósfera. El objetivo del Protocolo de Kioto fue reducir en un 5,2 % las emisiones de gases de efecto invernadero en el mundo respecto a los niveles de 1990 durante el periodo del 2008 al 2012, mientras que el Protocolo de Montreal estableció un cronograma para la reducción a la mitad de la emisión de ciertos gases como los CFC.

SABÍAS QUE...

El agujero de la capa de ozono es el lugar donde se producen reducciones anormales de dicha capa y tiene especial incidencia en la zona de la Antártida. El contenido de ozono se mide en unidades Dobson.

Gran parte de los gases afectados por el Protocolo de Montreal son usados en una alta proporción en las instalaciones frigoríficas. Algunos ejemplos son los que afectan a la capa de ozono y que colaboran con el efecto invernadero, que son: R12, R502, R22.

Hoy en día, se está trabajando para la sustitución de esos refrigerantes por otros inocuos para la capa de ozono. Estas nuevas opciones, además de ser eficaces, deben contar con características de rendimiento similares o, mejor aún, cambiar a refrigerantes naturales y de un mejor rendimiento, como lo es el amoníaco.

Para poder valorar la capacidad de un gas refrigerante en la destrucción de la capa de ozono, se utiliza el indicador ODP (Ozone Depletion Potential). Cuanto más alto es el

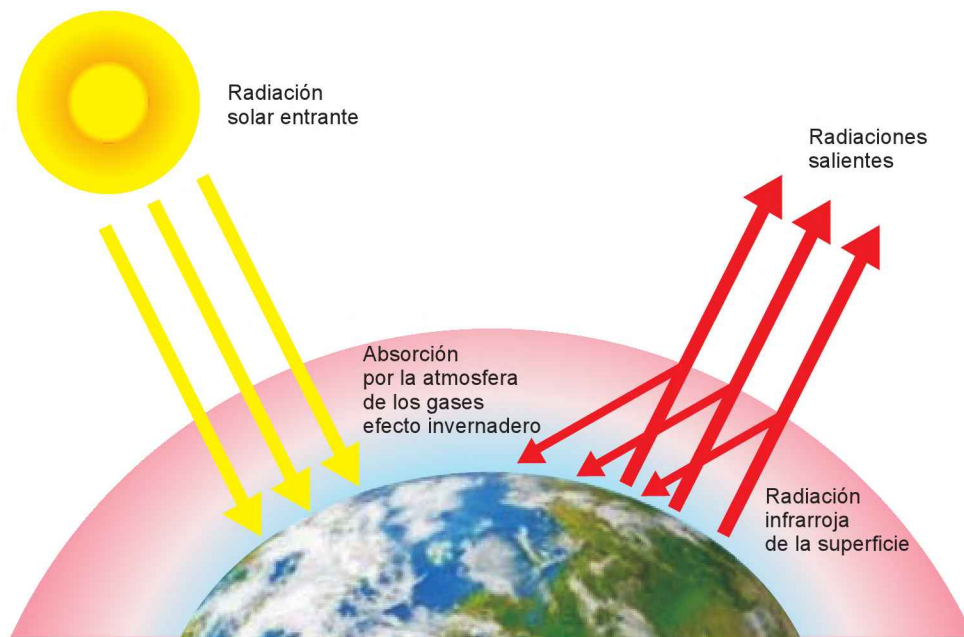


Figura 6.2. Gases en la estratosfera que están absorbiendo, refractando y reflejando radiación infrarroja

parámetro, más dañino será para la capa de ozono. El parámetro se obtiene por comparación con el R11, que tiene un valor ODP = 1. En la siguiente figura, vamos a ver valores ODP para distintos refrigerantes.

| Refrigerante | ODP |
|--------------|-------|
| R22 | 0,055 |
| R134a | 0 |
| R401A | 0,037 |
| R401B | 0,040 |
| R402A | 0,02 |
| R402B | 0,03 |
| R404A | 0 |
| R408A | 0,023 |
| R410A | 0 |
| R23 | 0 |
| R717 | 0 |
| R507A | 0 |

Figura 6.3. Valor de ODP para distintos refrigerantes

6.2.2. El efecto invernadero

Recibe este nombre porque los fenómenos que ocurren son similares a los que tienen lugar en un invernadero. Una parte de la radiación solar recibida en la Tierra se transforma en calor, se mantiene en la superficie y aumenta la temperatura de esta. Por lo tanto, de toda la energía recibida, no toda regresa al espacio. Los gases de efecto invernadero, entre los que se encuentran los refrigerantes, dejan pasar la radiación solar, pero no la dejan salir, lo que contribuye al calentamiento global. Uno de los parámetros a tener en cuenta en un refrigerante es el tiempo de vida ya que, cuanto mayor sea este, mayor será su efecto invernadero.

El coeficiente llamado GWP (Global Warming Potential) mide la contribución de una sustancia al efecto invernadero o al calentamiento global del planeta. Este índice se obtiene por comparación con el efecto del CO_2 , que se toma como $\text{GWP} = 1$. Este parámetro no tiene en cuenta el CO_2 emitido a la atmósfera para la producción de la energía eléctrica consumida por el equipo durante su funcionamiento, de ahí que la tendencia sea la utilización de un nuevo concepto llamado TEWI (Total Equivalent Warming Impact), que reemplaza al GWP.

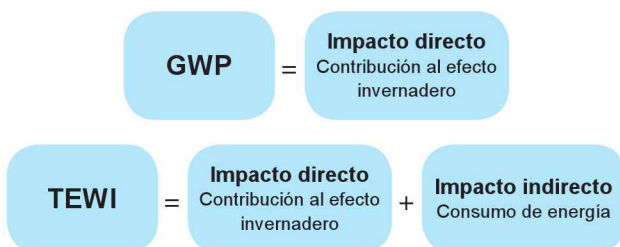
SABÍAS QUE...

La reducción de ozono fue descubierta en la Antártida en 1970, sin embargo, hasta marzo de 1985, no se reunieron en Viena 22 Estados para firmar el Convenio de Viena con el objeto de protegerla.

| Refrigerante | GWP |
|--------------|-------|
| R22 | 1.700 |
| R134a | 1.300 |
| R401A | 1.082 |
| R401B | 1.186 |
| R402A | 0,64 |
| R402B | 0,49 |
| R404A | 3.260 |
| R408A | 2.743 |
| R410A | 1.725 |
| R23 | 6 |
| R717 | 0 |
| R507A | 3.300 |

Figura 6.4. Valor de GWP para distintos refrigerantes

El TEWI se define como la suma del impacto directo (*chemical emissions*) y el impacto indirecto, que sería derivado de la producción de energía eléctrica necesaria para la alimentación de los equipos de la energía. El TEWI es medido por la masa del total equivalente de CO₂ resultante de la suma del impacto directo generado por un escape de fluido refrigerante en el sistema y también del impacto indirecto generado por el CO₂ emitido en la producción de energía eléctrica necesaria para alimentar equipos.



SABÍAS QUE...

En 1956 se define la nueva nomenclatura de los refrigerantes con objeto de disponer de una designación universal y no de la variedad existente.

6.3. Clasificación de los refrigerantes

Los refrigerantes son sustancias químicas formadas por distintos elementos, los cuales pueden entrañar mayor o menor riesgo para el ser humano. Los refrigerantes pueden clasificarse de acuerdo a:

- Su composición química.
- El grado de seguridad.

SABÍAS QUE...

Los CFC también están contenidos en algunos aerosoles, con el consecuente efecto adverso para la capa de ozono. Se han ido reemplazando progresivamente por otros respetuosos con el medio ambiente.

6.3.1. Clasificación de acuerdo a su composición química

Atendiendo a los elementos que componen la molécula del refrigerante, podemos clasificarlos en:

• Orgánicos.

Se caracterizan por poseer enlaces de carbono-hidrógeno en su estructura.

- **CFC.** Estos son los que tienen una mayor capacidad de destrucción de la capa de ozono debido a su gran estabilidad, por lo tanto, su ODP es alto. Son miscibles y solubles con aceites minerales y sintéticos. Actualmente, su uso está prohibido. Como ejemplos más significativos podemos encontrar el R11 y el R12.
- **HCFC.** Debido a que su molécula es menos estable, su ODP es más bajo. Esta característica hace que se denominen refrigerantes de transición puesto que han sido una solución intermedia a la sustitución de los CFC.

La miscibilidad con los aceites minerales no es óptima y con los sintéticos no son totalmente solubles. Algunos ejemplos de este tipo son: R22, R141b, R403B, R408A, R401A R401B, R402A, R402B, R409A.

- **HFC.** No contienen cloro en su composición, solo contienen flúor, hidrógeno y carbono. Al no poseer cloro, no afectan a la capa de ozono. No son compatibles con los aceites minerales, pero sí con los sintéticos. Algunos ejemplos de este tipo son: R134a, R413A, R404A, R507, R407C, R417A, R410A.

• Inorgánicos.

Estos compuestos, por el contrario, no poseen enlaces carbono-hidrógeno en su estructura. Se caracterizan por un bajo coste y por tener un ODP bajo.

- **CO₂ (R744).** El CO₂ es un gas inerte no contaminante. Su ODP es cero, por lo que es inocuo para el

medioambiente y seguro para el futuro. Esta característica, unida a su bajo coste y a su baja peligrosidad y toxicidad, lo convierte en un refrigerante interesante. Entre sus principales ventajas, destaca el alto rendimiento volumétrico (3-12 veces el rendimiento) y la necesidad de compresores de menor tamaño y cilindrada. Entre los principales inconvenientes que presenta, destacan las condiciones especiales de diseño de los equipos: el espesor de las tuberías y las mayores medidas de seguridad ya que la presión de diseño es muy elevada comparada con otros refrigerantes, lo que implica una mayor inversión inicial. Si se produce un escape, el CO₂ se junta a nivel del suelo y desplaza el aire. Es inodoro, por lo que, en caso de escape, no hay advertencia basada en el olor.

- **Agua.** El hecho de que demande unas presiones de evaporación por debajo de la presión atmosférica dificulta su aplicación. Su aplicación como refrigerante primario es más visible en los sistemas de absorción donde puede actuar como refrigerante o como absorbente. También se utiliza en los sistemas de enfriamiento al vacío. Se utiliza como fluido secundario en aplicaciones con fan-coils.
- **Amoníaco (R717).** Aunque es tóxico e inflamable, sus buenas propiedades lo hacen ser muy apropiado para ciertas condiciones. Presenta el problema de que no debe ser utilizado con cobre o aleaciones ya que produce corrosión. Se ha utilizado ampliamente en instalaciones industriales, aunque ya se ensaya para instalaciones domésticas.

A modo de resumen, podemos encontrar el siguiente gráfico:

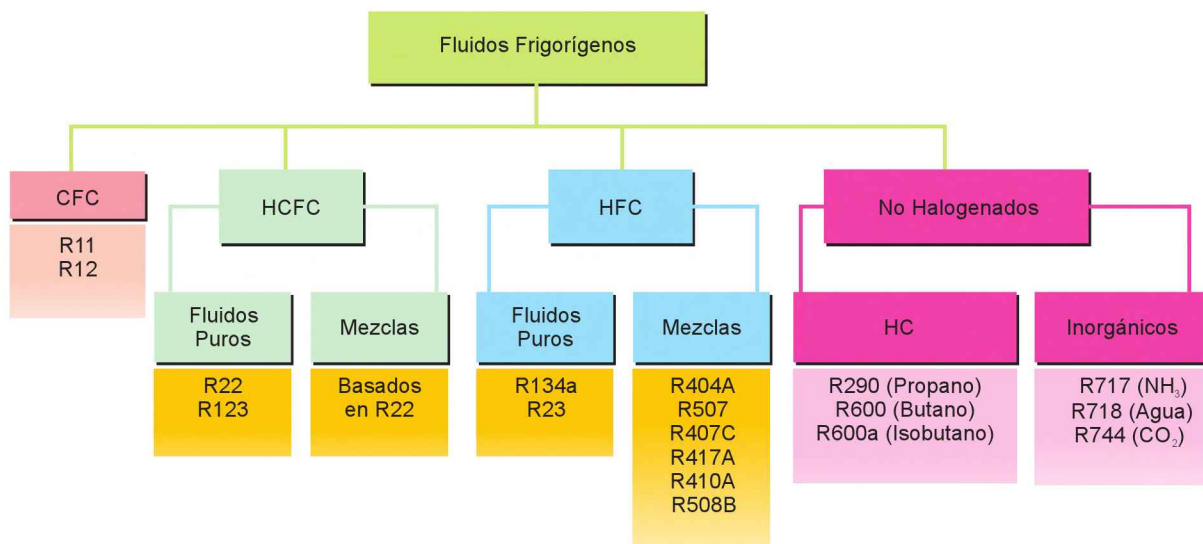
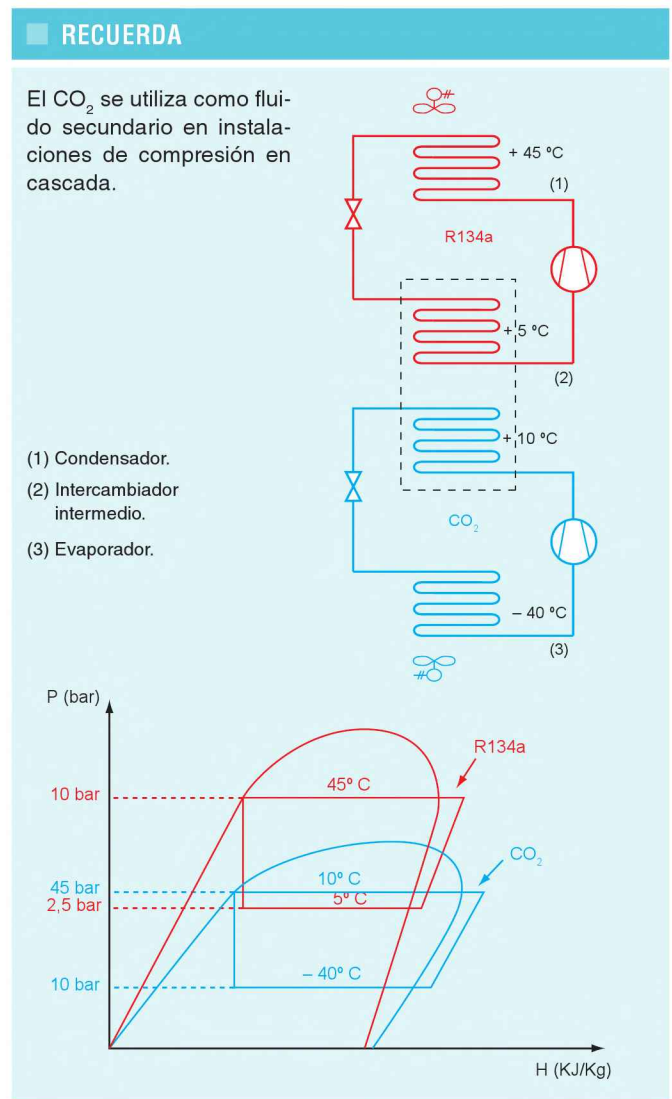


Figura 6.5. Esquema de clasificación de refrigerantes

6.3.2. Clasificación de acuerdo al grado de seguridad

Entre las propiedades de los refrigerantes se encuentran su índice de toxicidad y la inflamabilidad. Teniendo en cuenta esto, se clasifican en los siguientes grupos:

- **Grupo de alta seguridad (L1).** Para refrigerantes no inflamables y de acción tóxica ligera o nula. Los refrigerantes del grupo L1 son los más utilizados en todos los sistemas y aplicaciones. Como ejemplos, podemos dar el R134a, el R407C y el R22.
- **Grupo de media seguridad (L2).** Para refrigerantes de acción tóxica o corrosiva o bien inflamables o explosivos mezclados con aire en un porcentaje en volumen igual o superior a 3,5 %. En general, los refrigerantes del grupo L2 no estarán permitidos en sistemas directos, indirectos abiertos o indirectos abiertos ventilados para aplicaciones en acondicionamiento de aire o de calefacción de bienestar. El R717 (amoníaco) es un ejemplo de este tipo de refrigerante.
- **Grupo de baja seguridad (L3).** Para refrigerantes inflamables o explosivos mezclados con aire en concentraciones inferiores al 3,5 %. Los sistemas directos e indirectos, excepto los indirectos cerrados con o sin ventilación y los dobles indirectos aplicados a locales de categoría C y D, no estarán permitidos en instalaciones de acondicionamiento de aire y de calefacción de bienestar. El R290 (propano) y el R600 (butano) son ejemplos de este grupo.

Actividad propuesta

- 6.1. Clasifica los siguientes refrigerantes de acuerdo a su composición química y a su grado de seguridad: R134a, R404A, R600a, R717 y R143a.

6.4. Denominación de los refrigerantes

De acuerdo al artículo 4.1 del Reglamento de Seguridad para Instalaciones Frigoríficas, los refrigerantes se denominarán o expresarán por su fórmula o por su denominación química o, si procede, por su denominación simbólico alfanumérica.

La denominación comercial será un complemento y nunca suficiente para nombrar al refrigerante.

La denominación alfanumérica se obtiene a partir de su fórmula química siguiendo las reglas que se detallan a continuación:

1. El primer carácter empezando por la izquierda es la R de refrigerante:
2. Si el compuesto carece de bromo:
 - La primera cifra de la derecha indica el número de átomos de flúor de su molécula.
 - La cifra situada a la izquierda de la anterior indicará el número de átomos de hidrógeno de su molécula más uno.
 - A la izquierda de la anterior, se indicará con otra cifra el número de átomos de carbono de su molécula menos uno. Cuando resulte un cero, no se indicará.
 - El resto de los enlaces se completará con átomos de cloro.

Ejemplo: para calcular la nomenclatura simbólica del refrigerante $C F_3 C H_2 F$, operaríamos de la siguiente forma:

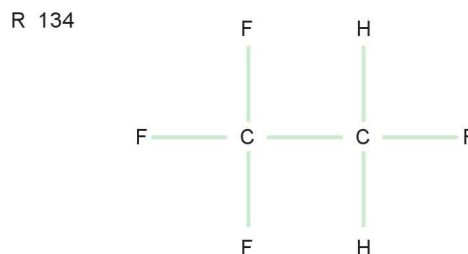


Figura 6.6. Denominación: 1,1,1,2 - Tetrafluoretano (R134a)

La letra *a* del R134a simboliza la simetría de la molécula, de tal forma que, al aumentar la simetría, se colocan las letras *a*, *b*, *c*, etc.

SABÍAS QUE...

El refrigerante R134a fue sintetizado por primera vez en 1936. Más tarde, llegarían el R13, en 1945; el R500, en 1950, y el R502, en 1962.

3. Para los compuestos que sí tienen bromo:
 - Se seguirán los mismos pasos indicados cuando el compuesto carece de bromo.
 - Se añadirá a la derecha una B mayúscula seguida del número de dichos átomos del bromo.

Ejemplo: para calcular la nomenclatura simbólica del refrigerante $CBrClF_2$, tendríamos el siguiente resultado:

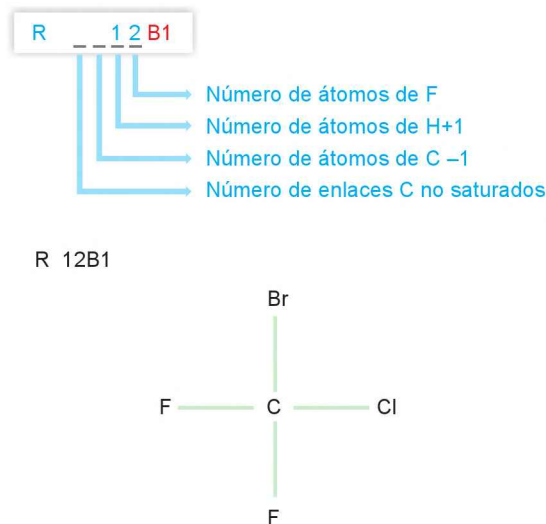


Figura 6.7. Denominación: Bromoclorodifluorometano (R12B1)

Se pueden distinguir dos tipos de mezclas de refrigerantes: azeotrópicas y zeotrópicas, como veremos más adelante.

Las mezclas zeotrópicas se expresarán mediante la denominación de sus componentes, intercalando entre paréntesis el porcentaje en peso correspondiente de cada uno y enumerándolos en orden creciente de su temperatura de ebullición a la presión de 1.013 bar (absoluto). También podrán designarse por un número de la serie 400. Cuando dos o más mezclas zeotrópicas están compuestas por los mismos elementos en diferentes proporciones, se utilizarán las letras A, B, C, etc. para distinguirlas entre ellas.

Las mezclas azeotrópicas se designarán por un número de la serie 500.

Para obtener la nomenclatura de los compuestos inorgánicos, añadiremos 700 a los pesos moleculares de los elementos.

Por ejemplo, para obtener la nomenclatura del NH_3 , teniendo en cuenta que el peso molecular del amoníaco es 17, su denominación será R717.

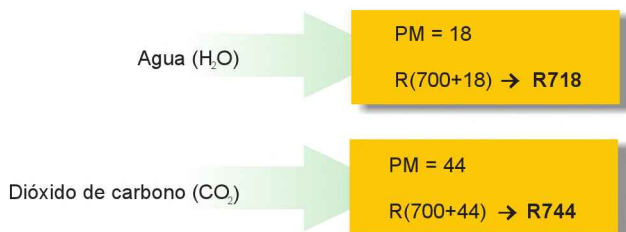


Figura 6.8. Nomenclatura de compuestos inorgánicos: H_2O y CO_2

Tabla 6.1. Nomenclatura de refrigerantes según el Standard 34

| Serie | Nombre | Gas |
|-------|-------------|-------|
| 000 | Metanos | R12 |
| 100 | Etanos | R134a |
| 200 | Propanos | R290 |
| 400 | Zeotropos | R401A |
| 500 | Azeótropos | R502 |
| 600 | Orgánicos | R600a |
| 700 | Inorgánicos | R717 |

Actividad propuesta

6.2. Obtén la numeración simbólica de estos refrigerantes a partir de su formulación química:

- $C Cl_2 F_2$,
- $C H Cl_2 F$,
- $C H_3 Cl$.

6.5. Mezclas de gases refrigerantes

Debido a la problemática ambiental de destrucción de la capa de ozono y al calentamiento global, cada vez se están investigando y utilizando más mezclas de refrigerantes.

Las mezclas de refrigerantes se han creado debido a la necesidad de sustituir los refrigerantes que producían problemas medioambientales por otros con propiedades similares para mejorar las características de los refrigerantes puros ampliándose su campo de aplicación.

Las mezclas pueden tener como máximo cuatro componentes.

6.5.1. Clasificación de las mezclas de refrigerantes

Las **mezclas azeotrópicas** se comportan como refrigerantes puros; en ellas los procesos de evaporación y condensación se producen a temperatura y presión constantes, de forma que estas mezclas solo tienen un punto de ebullición y un punto de condensación para el sistema.

En la Figura 6.9., podemos observar que, en mezclas azeotrópicas, el cambio de estado a presión constante se produce solo a una temperatura.

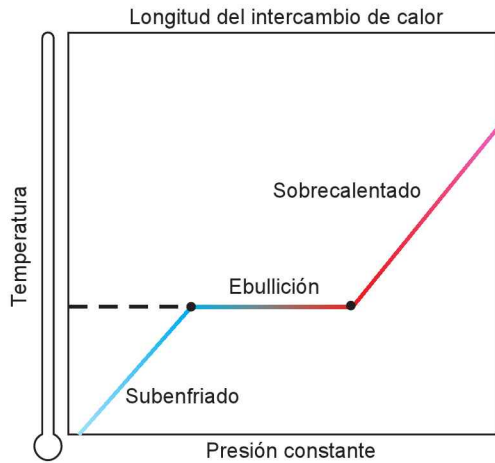


Figura 6.9. Las mezclas azeotrópicas presentan solo una temperatura en el punto de ebullición

■ SABÍAS QUE...

Azeótropo viene del griego y significa «hervir sin cambio o punto de ebullición invariable».

En las **mezclas zeotrópicas**, el punto de ebullición de los refrigerantes se produce a muchas temperaturas con una presión constante.

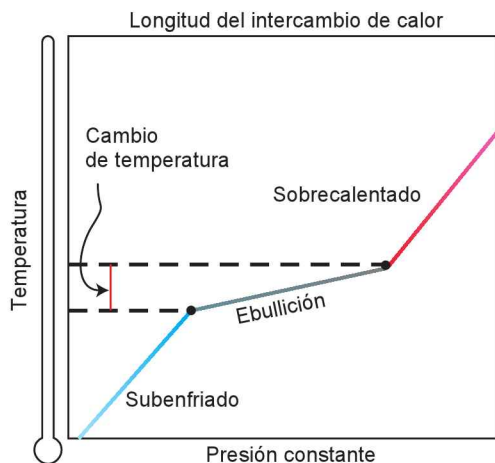


Figura 6.10. Las mezclas zeotrópicas presentan varias temperaturas en el punto de ebullición

Cuando analizamos una tabla de una mezcla no azeotrópica, nos encontramos que, a una determinada temperatura, tenemos dos tipos de presiones: una se corresponde con la presión de líquido saturado o de burbuja y la otra de vapor saturado o rocío. Esta variación de temperatura producida por las volatilidades relativas de los distintos componentes durante el cambio de estado se denomina *deslizamiento*.

Cuando el deslizamiento es tan pequeño que no afecta en el cálculo, consideramos que el refrigerante es **casi-azeotrópico**.

■ RECUERDA

En la Unidad didáctica 5, se estudió cómo interpretar los diagramas p-h, que son utilizados para obtener los datos de presión y de temperatura de los distintos refrigerantes.

Actividad propuesta

- 6.3.** Calcula para el refrigerante R407C el deslizamiento de presión para una temperatura de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para ello, utiliza el diagrama de Mollier del refrigerante.

■ 6.5.2. Mezclas de refrigerantes más significativas

Actualmente, ya existen mezclas por la sustitución del R12 y del R512. A continuación, vamos a estudiar algunas de las mezclas de refrigerantes más significativas (Tabla 6.2.):

- **R507A.** Esta mezcla está compuesta al 50 % por R125 y R143a. Sustituto del R502 y del R22 en medias y en bajas temperaturas.
- **R407C.** Es una mezcla de tres componentes y no es azeotrópica. Además, presenta $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ de deslizamiento, lo cual es aprovechable en el ciclo de frío, pero no es adecuado para su funcionamiento en el ciclo de calefacción.
- **R404A.** Esta mezcla está compuesta por R125 al 44 %, R143a al 52 % y por R134a al 4 %. Se utiliza como sustituto del R502 y el R22 en equipos para conservación y congelación de alimentos.
- **R410A.** Es una mezcla de dos componentes al 50 % cada uno: R32 y R125. Su punto de ebullición a 1,013 bar de presión varía entre $-51,6$ y $-51,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, lo cual indica que su deslizamiento es muy pequeño, de tan solo $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, lo que la convierte en una mezcla casi azeotropía, que funciona bien en modo calor, aunque su principal aplicación es en equipos de aire acondicionado de baja y media potencia.

■ 6.6. Control y manipulación según normativa

Cuando extraemos el refrigerante de una instalación, hay que evitar su emisión a la atmósfera. Para esto, se han desa-

Actividad resuelta

6.1. Calcula para el refrigerante R407C el deslizamiento de temperatura para una presión de evaporación de 3 bar. Para ello, utiliza el diagrama de Mollier del refrigerante.

Solución:

Dibujando la línea de presión, comprobaremos que la temperatura de líquido saturado es de $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$ (T_2) y la de vapor saturado, de $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ (T_1). Restando ambas temperaturas, tendremos el deslizamiento:

$$T_1 - T_2 = (-12) - (-19) = 7\text{ }^{\circ}\text{C}$$

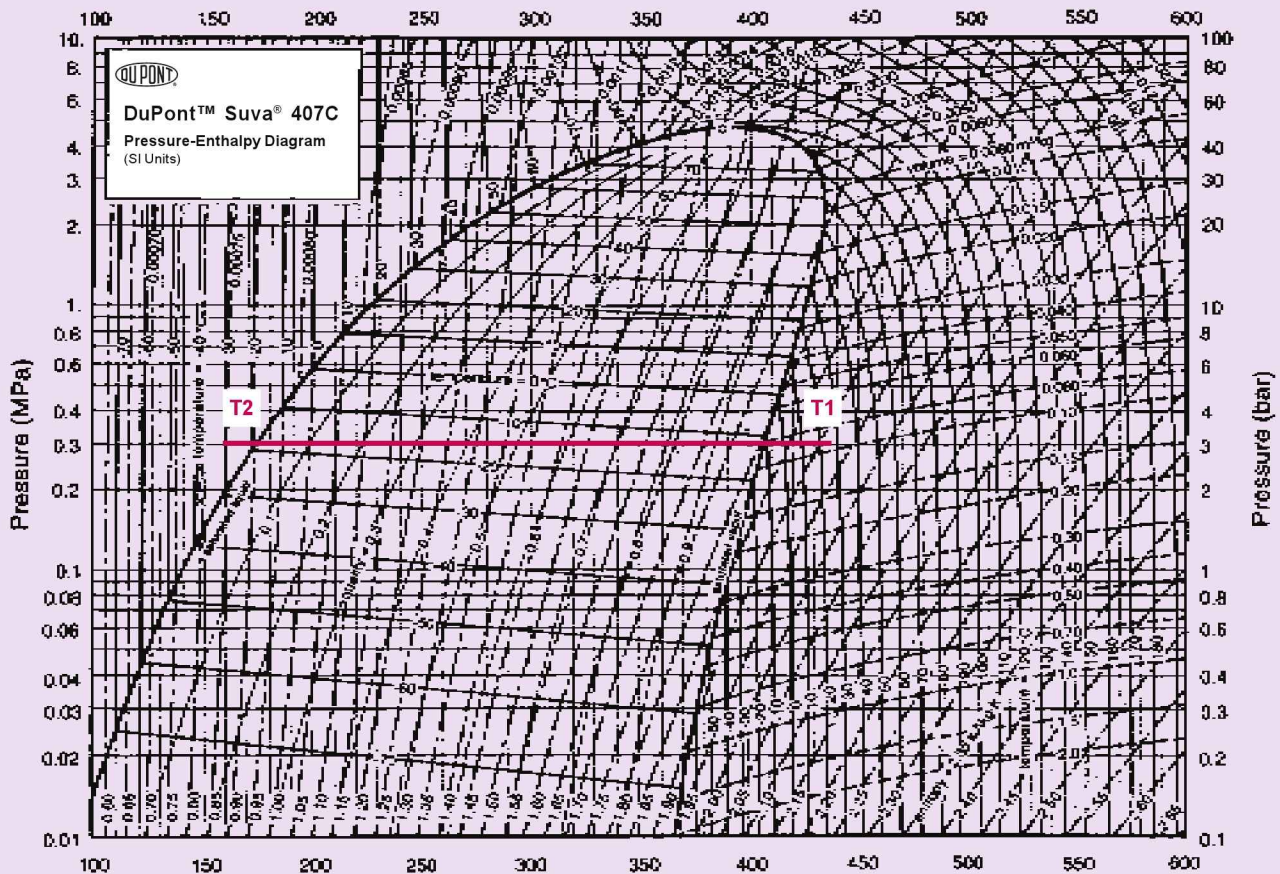


Figura 6.11. Diagrama p-h para el refrigerante R407C

rollado procedimientos para recuperar, reciclar y volver a utilizar los refrigerantes:

- **Recuperación.** Eliminar el refrigerante de un sistema y almacenarlo en un recipiente externo sin que sea necesario hacerle pruebas o procesarlo de cualquier manera.
- **Reciclado.** Limpiar el refrigerante para volver a utilizarlo, para lo cual hay que separar el aceite y pasarlo una o varias veces a través de determinados dispositivos, como filtros deshidratadores.
- **Reproceso.** Mediante el reproceso, el refrigerante recuperará las especificaciones de un producto nuevo. La maquinaria utilizada eliminará el aceite, el ácido, la humedad, componentes sólidos y el aire.

Puedes encontrar en el reglamento comunitario CE n.º 1005/2009 las normas para la adecuada manipulación de refrigerantes.

Siempre has de acudir a las fichas de seguridad para saber cómo manipular cualquier fluido frigorífero y saber cómo actuar durante su uso.

■ SABÍAS QUE...

En cuanto a la prevención de fugas, se establece que todo equipo que tenga una carga refrigerante superior a 3 kg debe revisarse al menos una vez al año.

Tabla 6.2. Refrigerantes y sus sustitutos

| Refrigerante | Aplicaciones | Sustitutos |
|------------------------------|---|-------------------------|
| R11 | Aire acondicionado (A/A) en edificios y control de temperatura industrial. | R123 |
| R12 | Aire acondicionado (A/A) en edificios y control de temperatura industrial. | R134a |
| | Climatización en automóvil. | R134a |
| | Almacenaje frigorífico de alimentos frescos, sobre 0 °C. | R134a |
| | Transporte frigorífico. | R134a |
| | Refrigeración comercial a media temperatura. | R134a |
| R13 | Muy baja temperatura. | R23 |
| R502 | Almacenamiento de alimentos congelados por debajo de -18 °C. | R507 R404A |
| | Transporte a baja temperatura. | R507 R404A |
| R22 | Aire acondicionado (A/A) en edificios y control de temperatura industrial. | R427A |
| | Equipos de aire acondicionado. | R410A R407C R427A |
| | Frigoríficos domésticos, dispensadores de bebidas, almacenamiento frigorífico de alimentos frescos (no congelados) en restaurantes, frío comercial. | R134a |
| | Frío industrial: congelación y conservación. Refrigeración comercial de media a baja temperatura. | R404A R507 |
| R402A R402B | Almacenamiento de alimentos congelados por debajo de -18 °C. | R404A R507 |
| | Refrigeración comercial a media temperatura. | R134a |
| R409 | Aire acondicionado (A/A) en edificios y control de temperatura industrial. | R407C |
| R409A | Almacenaje frigorífico de alimentos frescos sobre 0 °C. | R134a |
| | Frigoríficos domésticos, dispensadores de bebidas, almacenamiento frigorífico de alimentos frescos (no congelados) en restaurantes, frío comercial. | R134a |
| | Refrigeración comercial a media temperatura. | R134a |

6.7. Lubricantes

En el compresor, existen piezas en movimiento que producen diferentes rozamientos entre superficies, lo que provoca importantes desgastes y aumentos de temperatura. Para evitar todo esto, se utiliza el aceite lubricante, que también actúa como inhibidor de la corrosión, reduce el nivel de ruido producido, evacúa virutas metálicas y actúa como sello de la comunicación del compresor entre la zona de alta y de baja presión.



Figura 6.12. Los aceites lubricantes circulan por el sistema de lubricación, llegando a los aros de engrase, las camisas, el cigüeñal, los cojinetes de la bancada, los cojinetes de la biela y las prensas.

En la refrigeración, se utilizan lubricantes que, inicialmente, podemos diferenciar en dos grupos:

- Aceites minerales.
- Aceites sintéticos.

Los aceites minerales son obtenidos de la refinación del petróleo y son los que se han utilizado en primer lugar. Para resolver los problemas de solubilidad de estos, han surgido otros aceites de tipo sintético que se obtienen a partir de reacciones químicas y entre los que podemos destacar:

- Lubricantes Alquibencénicos (AB).
- Lubricantes Poliéster (POE).
- Lubricantes Polialquilglicoles (PAG).

Y también mezclas de Alquibencénicos/Minerales (AB/MO).

Es importante que el aceite y el refrigerante sean miscibles para que no se acumulen en el condensador, lo que haría imposible su recuperación por parte del compresor y disminuiría la superficie del condensador.

En algunos casos, como el del amoníaco, es obligatoria la instalación de un separador de aceite.

En el evaporador, el aceite se encuentra a baja temperatura, lo que aumenta su viscosidad y, por tanto, es más

difícil hacerlo fluir, de tal forma que ocupará un espacio en el evaporador y reducirá el rendimiento de la instalación.

Un diseño adecuado de la instalación y el uso de un lubricante compatible con la alta calidad contribuyen a evitar los efectos indeseables entre refrigerante, aceite y componentes del sistema.

SABÍAS QUE...

La utilización de un sifón en la tubería de aspiración proveniente del evaporador es un recurso sencillo y de bajo coste que reduce el diámetro y aumenta la velocidad del vapor refrigerante, lo que permite que el aceite retorne al compresor.

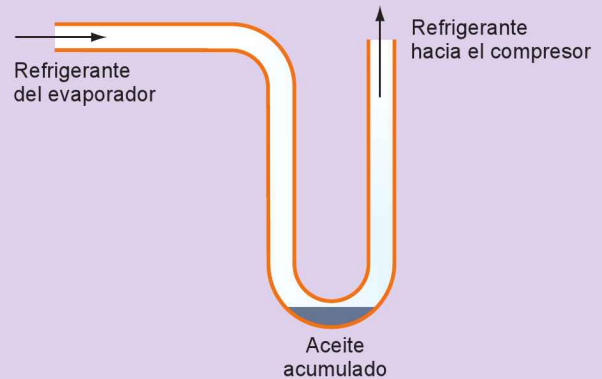


Tabla 6.3. Compatibilidad entre fluidos refrigerantes y aceites

| | Mineral Oil (MO) | Alquibencenos (AB) | Minerales Alquibencénicos (M/A) | Poliéster (POE) | Polialquilglicoles (PAG) |
|-----------------|------------------|--------------------|---------------------------------|-----------------|--------------------------|
| CFC y HCFC | Compatible | Compatible | Compatible | Compatible | No compatible |
| HFC | No compatible | Con limitaciones | No compatible | Compatible | Con limitaciones |
| HC | Compatible | Compatible | Compatible | Compatible | Con limitaciones |
| NH ₃ | Compatible | Con limitaciones | Con limitaciones | No compatible | Con limitaciones |

- Un refrigerante es la sustancia que tiene la capacidad de transportar e intercambiar calor con el medio ambiente, cediéndolo a alta temperatura y absorbiéndolo a baja temperatura.
- Las principales características de un refrigerante son: temperatura de ebullición, volumen específico de vapor, calor latente de evaporación, temperatura y presión crítica, interacción con aceite y con el agua, temperatura y presión de condensación. Inflamabilidad, toxicidad, efectos sobre otros materiales y capacidad para detectar fugas.
- Algunos refrigerantes tienen un gran impacto ambiental y contribuyen a la destrucción de la capa de ozono y al efecto invernadero. Para medir el impacto en el medio ambiente, existen estos tres parámetros:
 - ODP: contribución de un gas a la destrucción de la capa de ozono.
 - GWP: contribución de una sustancia al efecto invernadero.
 - TEWI: impacto directo + impacto indirecto.
- Los refrigerantes se clasifican de acuerdo a su composición química en orgánicos (por ejemplo, el CFC) e inorgánicos (por ejemplo, el CO₂) y de acuerdo a su seguridad en alta, media y baja seguridad en orden de menor a mayor inflamabilidad y toxicidad.
- Los refrigerantes se denominan por su fórmula o por su denominación química o, si procede, por su denominación simbólica alfanumérica. La denominación comercial será un complemento.
- Las mezclas de refrigerantes aparecen por la necesidad de sustituir los refrigerantes que producían problemas medioambientales y se clasifican en:
 - **Las mezclas azeotrópicas:** se comportan como refrigerantes puros.
 - **Las mezclas zeotrópicas:** hay diferentes temperaturas de punto de ebullición para los refrigerantes que componen la mezcla a presión constante.
- Los procesos para evitar la emisión a la atmósfera de los refrigerantes al finalizar su uso son:
 - Recuperación.
 - Reciclado.
 - Reproceso.
- El lubricante se utiliza para disminuir rozamientos, como inhibidor de la corrosión y como sellante entre la zona de alta y baja presión. Se clasifican en minerales y en sintéticos. Es importante tener en cuenta la miscibilidad entre lubricante y refrigerante.

Enlaces web de interés

<http://www.dupont.com>

Fabricante de refrigerantes.

<http://www.kimikal.es>

Distribuidor de gases refrigerantes y materiales auxiliares para la refrigeración y aire acondicionado.

<http://www.boe.es>

En el Boletín Oficial del Estado, podrás encontrar el siguiente Real Decreto de aplicación a refrigerantes: RD795/2010, que regula la comercialización y manipulación de gases fluorados y equipos, así como la certificación de los profesionales que lo utilizan.

<http://www.carbuos.com>

Producción y estudio de gases.

■ Actividades de comprobación

- 6.1.** La temperatura y la presión de condensación de un refrigerante:
- a) Deben ser bajas para garantizar que la condensación pueda realizarse a temperatura ambiente.
 - b) Deben ser altas para garantizar que el rendimiento de la instalación sea lo más elevado posible.
 - c) Deben ser altas para reducir la presión de evaporación del refrigerante.
 - d) Ninguna de las anteriores es correcta.
- 6.2.** La destrucción de la capa de ozono es debida a:
- a) Los CFC.
 - b) Los compuestos inorgánicos.
 - c) Los HFC.
 - d) Ninguna de las anteriores es correcta.
- 6.3.** El indicador ODP mide:
- a) La destrucción de la capa de ozono.
 - b) La contribución de una sustancia al efecto invernadero.
 - c) El calentamiento global del planeta.
 - d) La contribución de una sustancia al efecto invernadero teniendo en cuenta el CO₂ emitido a la atmósfera para la producción de la energía eléctrica consumida.
- 6.4.** El indicador TEWI es la suma de:
- a) La contribución al efecto invernadero y la destrucción de la capa de ozono.
 - b) La destrucción de la capa de ozono y la producción de CO₂ debido al consumo de energía.
 - c) La contribución al efecto invernadero y la producción de CO₂ debido al consumo de energía.
 - d) La destrucción de la capa de ozono y el calentamiento global del planeta.
- 6.5.** Los aceites utilizados para lubricar los compresores:
- a) Son compatibles con todos los gases refrigerantes.
 - b) Son específicos para las distintas familias de gases refrigerantes.
 - c) Son de corta duración y deben ser cambiados periódicamente.
 - d) Ninguna de las anteriores es correcta.
- 6.6.** El valor de ODP más bajo lo tiene el refrigerante:
- a) R12.
 - b) R408A.
 - c) R134a.
 - d) R503.
- 6.7.** Señala la respuesta correcta:
- a) Al grupo de alta seguridad pertenecen los refrigerantes inflamables o explosivos.
 - b) Al grupo de baja seguridad pertenecen los refrigerantes no inflamables o explosivos.
 - c) Al grupo de media seguridad pertenecen los refrigerantes de inflamables o explosivos mezclados con aire en un porcentaje en volumen igual o superior al 5 %.
 - d) Al grupo de media seguridad pertenecen los refrigerantes de inflamables o explosivos mezclados con aire en un porcentaje en volumen igual o superior al 3,5 %.
- 6.8.** Las mezclas no azeotrópicas utilizan la numeración de la:
- a) Serie 400.
 - b) Serie 500.
 - c) Serie 600.
 - d) Serie 700.
- 6.9.** El deslizamiento es:
- a) La variación de volumen debido a las distintas volatilidades de los distintos componentes que forman una mezcla.
 - b) La variación de temperatura debido a las distintas volatilidades de los distintos componentes que forman una mezcla.
 - c) La diferencia entre la temperatura de condensación y la de evaporación.
 - d) Ninguna es correcta.
- 6.10.** En la denominación alfanumérica de los refrigerantes, si el compuesto carece de bromo, la primera cifra a la derecha representa:
- a) El número de átomos de hidrógeno más 1.
 - b) El número de átomos de carbono menos 1.
 - c) El número de átomos de flúor.
 - d) El número de enlaces de carbono no saturados.

■ Actividades de aplicación

- 6.11.** Describe cómo afecta el uso de refrigerantes en el deterioro del medio ambiente.
- 6.12.** Explica cómo se nombran las mezclas azeotrópicas y zeotrópicas.
- 6.13.** Describe cómo debe ser la presión en un circuito refrigerante y qué sucede cuando la presión es menor que la atmosférica.
- 6.14.** Clasifica los siguientes refrigerantes: R134a, R407C, R507 y R744.
- 6.15.** Un instalador llega a una empresa que le ha solicitado la reparación de un equipo que lleva mucho tiempo sin usarse. Comprueba la instalación y descubre que el refrigerante que utilizaba era el R12.
- Indica qué debe hacer y por qué refrigerante puede sustituirlo.
 - En cuanto a la carga, menciona si debería tener alguna precaución especial.
- 6.16.** Define qué es el ODP, cómo ha afectado a los refrigerantes y qué otros factores deben tenerse en consideración.
- 6.17.** Enumera las razones por las que debemos detectar las fugas.
- 6.18.** En una instalación que utiliza R407C, se sabe que la presión de evaporación es de 3,5 bar. Calcula:
- La temperatura de rocío.
 - La temperatura de burbuja.
 - El deslizamiento.
- 6.19.** Señala la denominación alfanumérica de los siguientes refrigerantes:
- NH_3 (PM 17).
 - C Br Cl F_2 .
 - $\text{C H F}_2 \text{ CH}_3$.
 - $\text{C Cl}_2 \text{ F C Cl F}_2$.
- 6.20.** Nombra los dos motivos fundamentales por los que debemos eliminar la humedad en un sistema de refrigeración.
- 6.21.** Indica qué tipos de lubricantes existen y cuáles son compatibles con los refrigerantes CFC. Pon algún ejemplo.
- 6.22.** El agua es un fluido que puede emplearse para refrigeración. Tiene las siguientes características:
- Temperatura de congelación 0 °C.
 - Temperatura de ebullición 100 °C a nivel del mar.
 - Temperatura crítica 374 °C.
- Explica las razones por las que no suele utilizarse como refrigerante.

■ Actividades de ampliación

- 6.23.** Como sabes, hay una serie de refrigerantes que se han prohibido y han sido sustituidos por otros considerados como definitivos. En internet, puedes encontrar empresas que se dedican a la distribución de refrigerantes y que proporcionan información útil sobre ellos (<http://www.kimikal.es> o <http://www.carbueros.com>). Consultando las páginas anteriores, realiza un pequeño informe sobre:
- Las características y las propiedades de los refrigerantes.
 - Sus aplicaciones.
 - Los lubricantes compatibles.
- 6.24.** Una de las formas de ver las características de un refrigerante es con la regla del frigorista. Así podemos ver con rapidez la presión que corresponde con una determinada temperatura para cada refrigerante. Son muy útiles para que los instaladores sepan si las presiones y las temperaturas que están utilizando son las adecuadas. Navega por http://www2.dupont.com/Refrigerants/es_ES y consulta las distintas tablas de propiedades de los refrigerantes, así como las fichas de datos de seguridad. Elabora un resumen sobre lo encontrado.

Actividades de comprobación

6.25. En el reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas, aparece la clasificación de refrigerantes. Veamos algunos de los datos que aparecen:

| Refrigerante N.º | Denominación | Fórmula | Grupo de seguridad | Límites de inflamabilidad | | Potencial de calentamiento atmosférico | Potencial de agotamiento de la capa de ozono |
|------------------|-----------------------------------|--|--------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|--|
| | | | | Límite inferior kg/m ³ | Límite superior kg/m ³ | | |
| R12 | Diclorodifluometano | CCl ₂ F ₂ | L1 | - | - | 8.100 | 1 |
| R115 | 2-Cloro-1,1,1,2,2-pentafluoretano | CF ₃ CClF ₂ | L1 | - | - | 7.200 | 0.6 |
| R124 | 2-Cloro-1,1,1,2-tetrafluoretano | CF ₃ CHClF | L1 | - | - | 470 | 0,022 |
| R125 | Pentafluoretano | CF ₃ CHF ₂ | L1 | - | - | 2.800 | 0 |
| R507A | R125/143a (50/50) | CF ₃ CHF ₂ + CF ₃ CH ₃ | L1 | - | - | 3.300 | 0 |
| R744 | Dióxido de carbono | CO ₂ | L1 | - | - | 1 | 0 |
| R404A | R125/143a/134a (44/52/4) | CF ₃ CHF ₂ + CF ₃ CH ₃ + CF ₃ CH ₂ F | L1 | - | - | 3.260 | 0 |
| R152a | 1,1-Difluoretano | CHF ₂ CH ₃ | L2 | 0,137 | 0,462 | 140 | 0 |
| R717 | Amoniaco | NH ₃ | L2 | 0,104 | 0,195 | 0 | 0 |
| R600a | Isobutano | CH(CH ₃) ₃ | L3 | 0,043 | 0,202 | 3 | 0 |

Responde a las siguientes cuestiones a partir de los datos mostrados en la tabla anterior:

- ¿Cuál o cuáles de los anteriores refrigerantes tienen mayor capacidad de destrucción de la capa de ozono?
- ¿Cuál o cuáles de los anteriores refrigerantes contribuyen en mayor medida al efecto invernadero? ¿Qué coeficiente está reemplazando al GWP?
- Clasifica los anteriores refrigerantes en orgánicos o inorgánicos.
- ¿Cuál o cuáles de los anteriores refrigerantes tienen mayor capacidad para ser inflamables o explosivos? ¿A qué grupo de seguridad pertenecen?
- ¿Cuál de los refrigerantes es una mezcla azeotrópica? Indica por qué refrigerantes está formado y en qué proporciones.
- ¿Cuál de los refrigerantes es una mezcla zeotrópica? Menciona por qué refrigerantes está formado y en qué proporciones.