

# Tema 14: Refrigerantes

1. Designación y clasificación de refrigerantes
2. Breve historia de los refrigerantes
  - 2.1. Destrucción de la capa de ozono
  - 2.2. Efecto invernadero
3. Presente y futuro de los refrigerantes
4. Conclusiones



## **Tema 14: Refrigerantes**

Fluidos frigoríficos, frigorígenos o refrigerantes:

“ Fluidos que por sus propiedades físicas resultan adecuados para extraer y transportar calor”.

- Refrigerantes Primarios: Producen enfriamiento por evaporación.
- Refrigerantes Secundarios: Transportan el calor desde el producto a enfriar hasta el Ref. primario. Ejemplos: Agua, salmueras, glicoles, ... al estar siempre en fase líquida su coste de transporte (bombeo) es bajo.

## 14.1. Designación y clasificación de refrigerantes

### FORMAS DE NOMBRAR LOS REFRIFERANTES

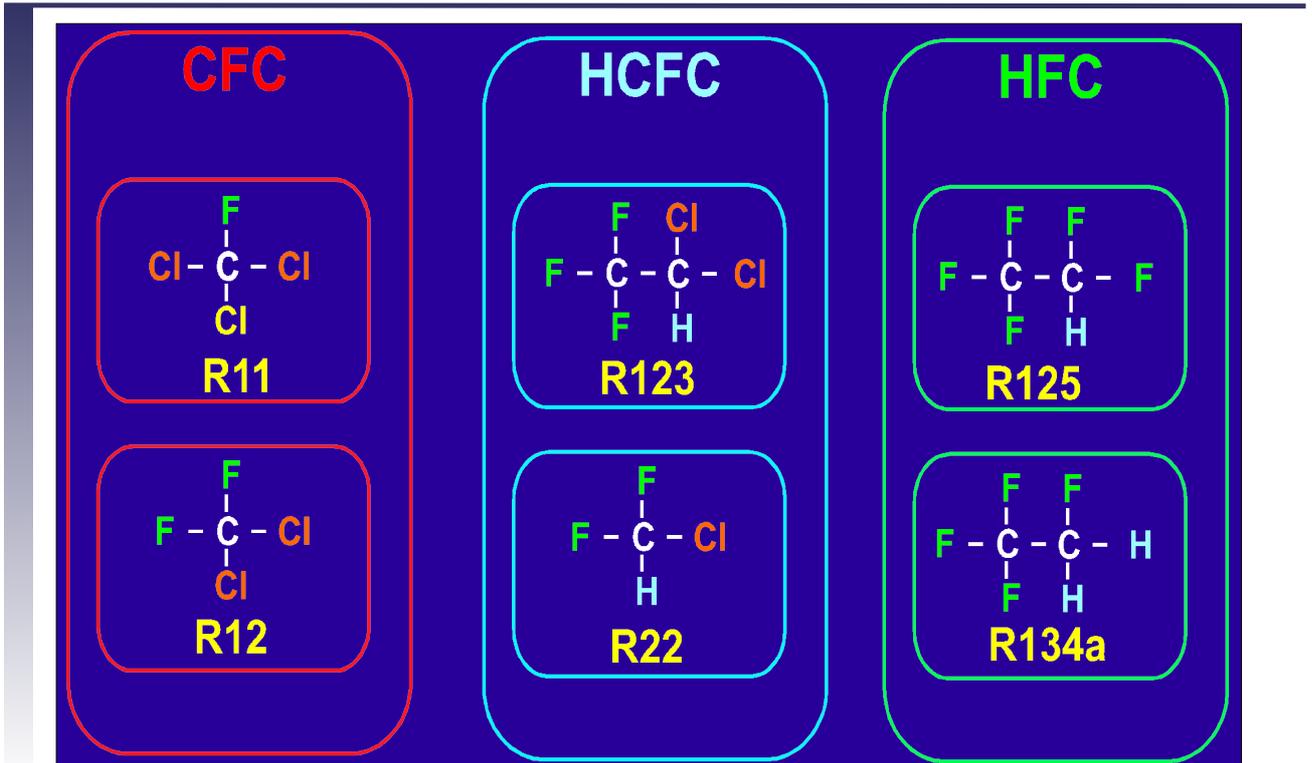
- ❑ Fórmula química:  $\text{Cl}_2\text{F}_2\text{C}$
- ❑ Nombre químico: Diclorofluormetano
- ❑ Den. simbólico-numérica: R-12 (CFC-12)
- ❑ Nombre comercial: Freón-12

### 14.1. Designación y clasificación de refrigerantes

Formas de nombrar un refrigerante: Fórmula química, nombre químico, denominación simbólico-numérica, nombre comercial



## 14.1. Designación y clasificación de refrigerantes



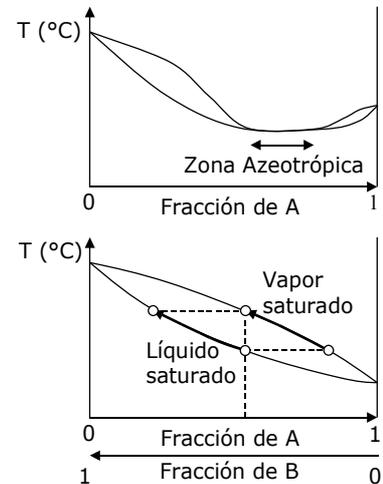
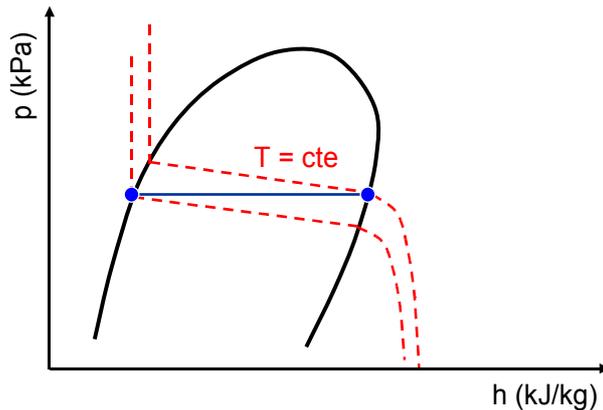
### 14.1. Designación y clasificación de refrigerantes

- CFC (Clorofluorcarbonos) R-11, R-12
- HCFC (Hidroclorofluorcarbonos) R-22
- HFC (Hidrofluorcarbonos) R-134a

Ejemplo de numeración: C H Cl F<sub>2</sub> -> R-022 = R-22

## 14.1. Designación y clasificación de refrigerantes

- Mezclas azeotrópicas (X=5)
  - ✓ R-502 (R-22, R-115)
  - ✓ R-507 (R-125, R-134a)
- Mezclas zeotrópicas (X=4)
  - ✓ R-407C (R-32, R-125, R134a)
  - ✓ R-410A (R-32, R-125), quasi-azeotrópica



14. Refrigerantes



### 14.1. Designación y clasificación de refrigerantes

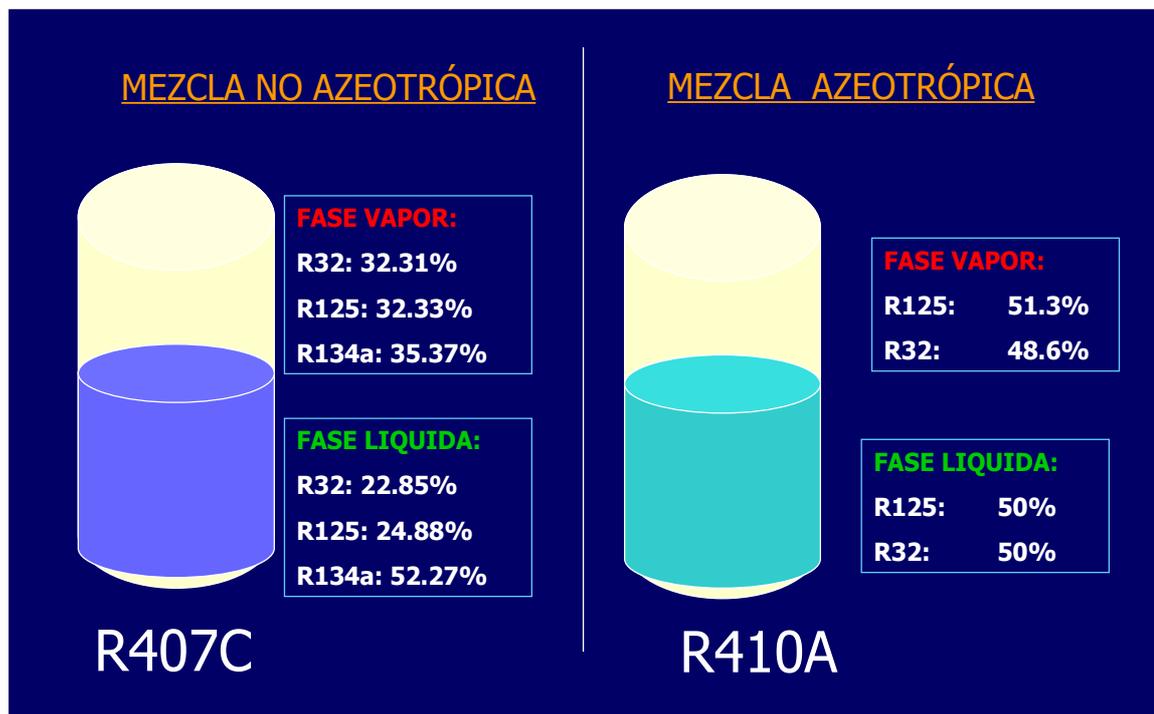
- Mezclas Azeotrópicas: (R-5...) Son mezclas de dos o más refrigerantes halogenados puros. Que funcionan como una sustancia pura (no cambian la  $t^a$  durante el cambio de fase a presión constante).

Ejemplos R-502, R507

- Mezclas Zeotrópicas: (R-4...) Son mezclas de dos o más refrigerantes halogenados puros. Durante el cambio de fase las proporciones de las sustancias en el gas y el líquido son variables en el proceso de evaporación a presión constante la temperatura aumenta, a esa diferencia de temperatura se le llama deslizamiento o "glide".

Ejemplos: R-407C, R-410A

## 14.1. Designación y clasificación de refrigerantes



## 14.2. Breve historia de los refrigerantes

- ❑ **Comienzo siglo XX:  $\text{ClCH}_3$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NH}_3$** 
  - Buenas propiedades termodinámicas
  - Propiedades químicas inadmisibles: no seguros
- ❑ **1930: se sintetizan CFC y HCFC**
  - Thomas Midgley en 1928 sintetizó el R-12.
  - Buenas propiedades termodinámicas
  - Buenas propiedades químicas
- ❑ **1970: Consumo anual de CFC, 1 millón toneladas**
- ❑ **1987: Dest. capa ozono, Protocolo Montreal**
  - Rowland y Molina (1974) descubren el efecto destructor del Cl y Br sobre el ozono.
  - Se sintetizan nuevos refrigerantes: HFC
- ❑ **1997: Calent. Global – efecto invernadero, Protocolo de Kyoto**
  - Afecta a HFC

### 14.2. Breve reseña historia:

- ❑ Primeros refrigerantes (187..):  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$  (malo termodinamicamente),  $\text{SO}_2$  (dióxido de azufre),  $\text{ClCH}_3$  (Cloruro de metilo), estos dos últimos tóxicos.
- ❑ Thomas Midgley en 1928 sintetizó el R-12 ( $\text{Cl}_2\text{F}_2\text{C}$ ). No era tóxico, ni inflamable: En su presentación lo inhaló soplando posteriormente sobre una vela encendida. Los CFCs se han usado mayoritariamente durante 50 años.
- ❑ Rowland y Molina (1974) descubren el efecto destructor del Cl y Br sobre la capa de ozono (premio Nóbel de química en 1995).
- ❑ Protocolo de Montreal (1987): Compromiso a nivel internacional para eliminar gradualmente los refrigerantes que dañan la capa de ozono
- ❑ Desde hace pocos años la industria de la refrigeración y el aire acondicionada está sufriendo su más radical revolución (cambio) con la eliminación de los clorofluorcarbonos (CFCs). El gran problema es encontrar "buenos sustitutos".

## 14.2.1. Destrucción de la capa de ozono

### □ Protocolo de Montreal, 1987:

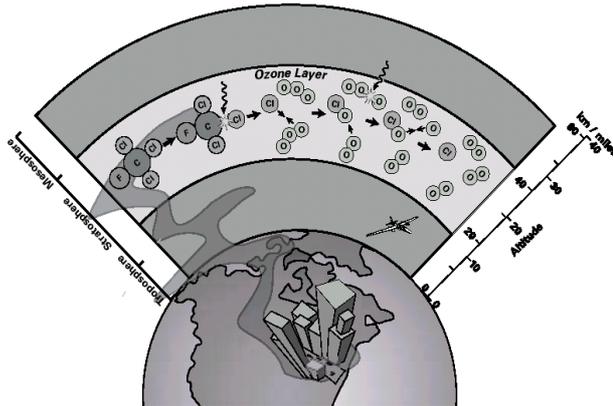
#### □ CFC (R-12):

Prohibido su uso desde 1 de enero 1996.

#### □ HCFC (R-22)

Reducción progresiva

Prohibición total 2010 en la Unión Europea



FLUIDO	TIPO	ODP
R 11	CFC	1
R 12	CFC	0,95
R 113	CFC	0,85
R 114	CFC	0,7
R 115	CFC	0,4
R 22	HCFC	0,05
R 123	HCFC	0,02
R 124	HCFC	0,02
R 410A	HFC	0
R 134a	HFC	0
R 404A	HFC	0
R 407C	HFC	0
R 717	NH <sub>3</sub>	0

14. Refrigerantes



### Efecto de los refrigerantes sobre la capa de ozono

$O_2 + \text{Luz solar (ultravioleta)} \rightarrow O_3$  : Estratosfera 10 a 50 km

Bloquea la radiación ultravioleta.

CFCs: Moléculas muy estables con mucha probabilidad de llegar a la estratosfera.

HCFCs: Moléculas poco estables y con menos cantidad de Cl

HFCs: Moléculas poco estables y sin Cl.

Molina y Rowland (1974):  $Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2$

$ClO + O \rightarrow Cl + O_2$

Reacción en cadena para destruir el ozono.

ODP (Ozone Depletion Potential)

R-11 ODP = 1

HCFC: ODP Bajos por su poca estabilidad

HFC: ODP = 0

Amoniaco: ODP = 0

## 14.2.2. Efecto invernadero

### □ Cumbre de Kyoto, 1997: Limitar las emisiones de gases de efecto invernadero

- Reducción global 5% en relación a las emisiones de 1990 para el año 2012
- Distinto nivel de compromiso
- Reducir el consumo energético

FLUIDO	TIPO	GWP (100 años)
CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	1
R 12	CFC	8500
R502	CFC	5591
R 22	HCFC	1700
R134a	HFC	1300
R404A	HFC	3750
R410A	HFC	1890
R 407C	HFC	1610
R 717	NH <sub>3</sub>	0

NATURALES		SINTÉTICOS	
CO <sub>2</sub>	Anhídrido carbónico	SF <sub>6</sub>	Hexafluoruro de azufre
CH <sub>4</sub>	Metano	PFCs	Perfluorocarburos
NO <sub>2</sub>	Óxido nitroso	HFC	Hidrofluorocarburos

14. Refrigerantes



### Efecto de los refrigerantes sobre el efecto invernadero

Algunos gases permiten el paso de la radiación solar de corta pero son opacos a la radiación solar de larga.

GWP (Global Warming Potential):

“Nº de kg de CO<sub>2</sub> que deben ser lanzados a la atmósfera para provocar el mismo efecto invernadero que 1 kg de la sustancia objeto”

Depende del periodo debido a que algunas sustancias se descomponen (usualmente a 100 años)

Amoniaco: GWP = 0

Los refrigerantes también influyen de forma indirecta en el efecto invernadero y al calentamiento global:

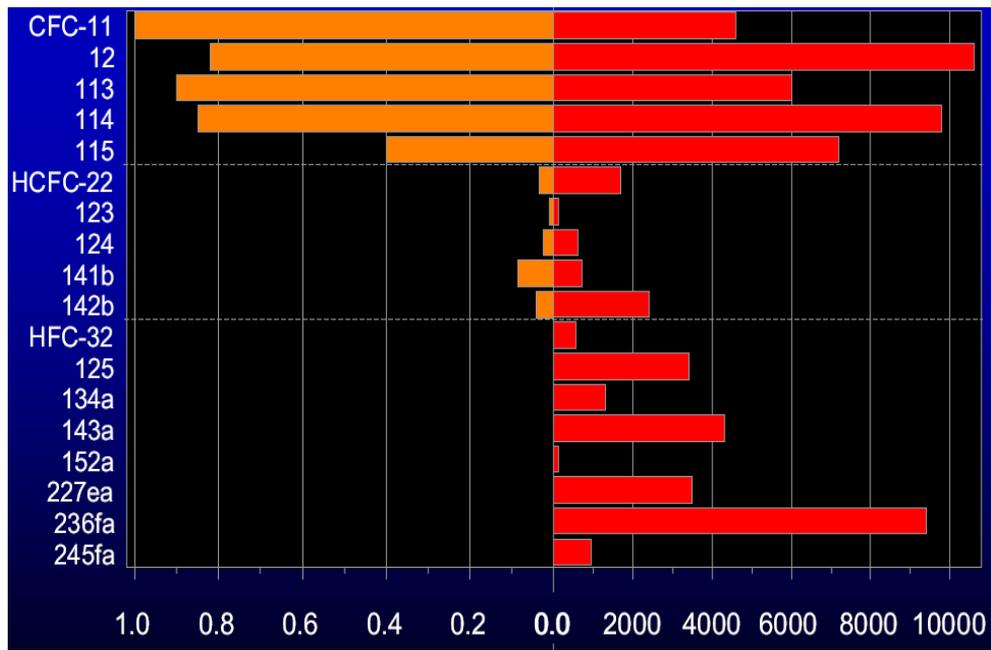
TEWI (Total Equivalent Warming Potential)

$$TEWI = GWP + a \cdot B$$

a: Coeficiente de paso a CO<sub>2</sub> (kg CO<sub>2</sub>/kWh): Depende de la producción y distribución eléctrica nacional.

B: Consumo de energía eléctrica asociado a 1 kg de refrigerante, es función del COP del refrigerante.

## 14.2. Breve historia de los refrigerantes



ODP (con relación al R-11)

GWP (con relación al CO2)

## 14.3. Presente y futuro de los refrigerantes

### □ Situación actual

PROHIBIDO	SUSTITUTO
CFC-12	HFC-134a
CFC-502	HFC-404A
HCFC-22	HFC-407C
	HFC-410A
	HFC-404A
	AMONIACO

REFRIGERANTE	USO
CFC-12 HFC-134a	Doméstico y aire acondicionado en automoción
CFC-502 HFC-404A	Frío industrial
HCFC-22	Todo
<b>HFC-407C</b>	<b>Aire acondicionado</b>
<b>HFC-410A</b>	<b>Aire acondicionado</b>
AMONIACO	Todo

### 14,3. Presente y futuro de los refrigerantes:

Refrigerantes DROP-IN: Refrigerantes que se pueden cargar directamente sin necesidad de realizar ninguna modificación del sistema.

Candidatos a sustituir al R-22

R-407C: Sustituto fabricado a medida, necesita cambio de aceite a POE y instalación más cuidada.

R-134a: Necesita compresores con más capacidad volumétrica.

R-410A: Mayor presión rediseño del lado de alta presión y del compresor (Scroll).

R-404A:...

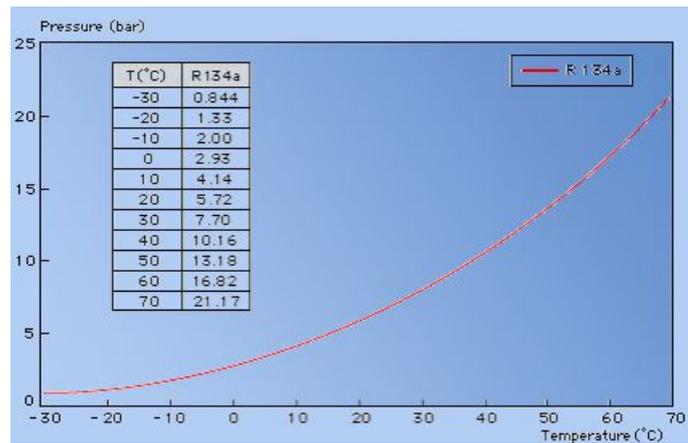
Los nuevos refrigerantes no se disuelven en aceites minerales, luego es necesario utilizar aceites POE, estos aceites son mucho más higroscópicos (con una breve exposición al ambiente absorben la suficiente agua como para dejarlos inservibles), debe colocarse un filtro secador en la línea de líquido. Si el grado de humedad es alto puede producirse corrosión, fango, alcohol y ácido. Los aceites POE tienen además un efecto limpiador (arrastra todas las partículas metálicas y polvo presente en el circuito). Las instalaciones con este aceite deben hacerse mucho más cuidadosamente (elevar el nivel de los instaladores):

- Preparación de tubos muy limpios (sin rebabas, ni virutas, ni aceite)
- Evitar humedad (tubos, compresor cerrados, buen vacío)
- Evitar polvo.
- Soldar con nitrógeno seco (atmósfera de nitrógeno), evitar oxidación.

## 14.3. Presente y futuro de los refrigerantes

### ⇒ HFC-134a

- **Gas de baja presión**
  - Gran tamaño en compresores
  - Gran tamaño en intercambiadores
- **Neveras, automóviles y plantas enfriadoras de agua.**



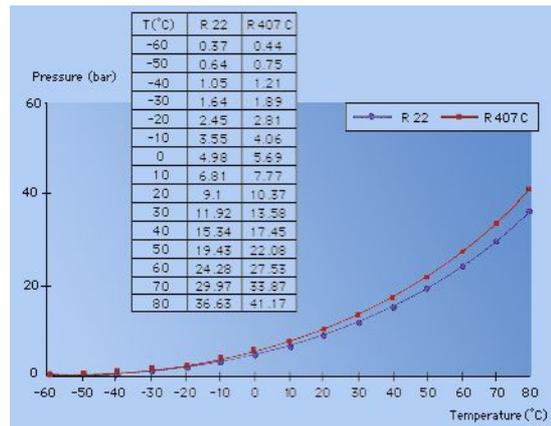
## 14.3. Presente y futuro de los refrigerantes

### ⇒ HFC-407C

#### □ Mezcla ternaria no azeotrópica

- R-32 (23%)
- R-125 (25%)
- R-134a (52%)

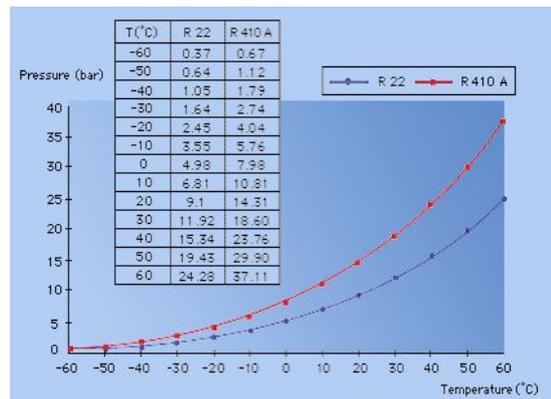
#### □ Curva de saturación y COP parecidos a R-22



## 14.3. Presente y futuro de los refrigerantes

### ⇒ HFC-410A

- ❑ Mezcla ternaria no azeotrópica
  - R-32 (50%)
  - R-125 (50%)
- ❑ Presiones de trabajo un 60% mayor que R-22 (compresor Scroll)



## 14.3. Presente y futuro de los refrigerantes

### ⇒ R-717 (Amoníaco)

#### □ Cualidades inmejorables

- Magnífico COP
- ODP = 0
- WP = 0
- Aceites minerales

#### □ Problemas de compatibilidad con el cobre

- Instalaciones en acero
- Compresores abiertos o con devanados de aluminio

#### □ Tóxico y ligeramente inflamable

- Modificación de la legislación actual

## 14.4. Conclusiones

### ❑ Momento crucial en la historia de la refrigeración

- Cese de los CFC y los HCFC
- Implantación de HCFC
- Futura problemática con el protocolo de Kyoto y otras cosas ...

### ❑ Nueva tecnología en las instalaciones

- Aceites sintéticos, ejecución más delicada, detección de fugas más complicada.
- Recogida y reciclado de refrigerante
- Se abren oportunidades para los refrigerantes orgánicos e inorgánicos

