

T3.- Refrigerantes y Salmueras

Las transparencias son el material de apoyo del profesor para impartir la clase. No son apuntes de la asignatura. Al alumno le pueden servir como guía para recopilar información (libros, ...) y elaborar sus propios apuntes

Departamento: Ingeniería Eléctrica y Energética
Area: Máquinas y Motores Térmicos

CARLOS J RENEDO renedoc@unican.es
Despachos: ETSN 236 / ETSIIT S-3 28
<http://personales.unican.es/renedoc/index.htm>
Tlfn: ETSN 942 20 13 44 / ETSIIT 942 20 13 82

1

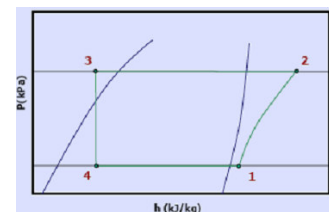
T4.- Refrigerantes y Salmueras

- 1.- Introducción
- 2.- Refrigerantes
- 3.- Clasificación de los Refrigerantes
- 4.- Fluidos Puros y Mezclas
- 5.- Nomenclatura de los Refrigerantes
- 6.- Problemática de los Refrigerantes
- 7.- Comparativa de Refrigerantes
- 8.- Amoniaco
- 9.- CO₂
- 10.- Salmueras

1.- Introducción

Refrigerante es el fluido utilizado en la transmisión de calor que, en un sistema frigorífico, absorbe calor a bajas T y presión, cediéndolo a T y presión más elevadas. Este proceso tiene lugar con cambios de estado del fluido

Salmuera es un refrigerante secundario; transfiere el efecto frigorífico desde un circuito primario de refrigeración (desde el evaporador en donde le enfría un refrigerante), al producto a enfriar

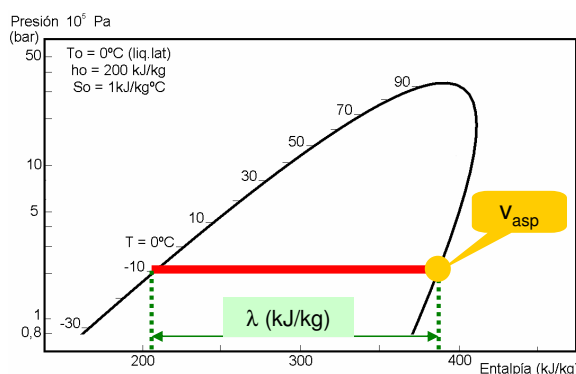


2.- Refrigerantes (I)

Las **características** y propiedades termodinámicas que han de tener son:

Alto calor latente de vaporización: λ (kJ/kg)

Permite reducir el caudal másico circulante de refrigerante (kg/s)



Bajo volumen específico del vapor en la aspiración: v_{asp} (m³/kg)

Permite reducir el tamaño del equipo (compresor y tuberías)

2.- Refrigerantes (I)

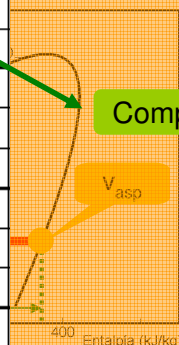
Las **características** y propiedades termodinámicas que han de tener son:

Alto calor latente de vaporización: λ (kJ/kg)
Permite reducir el caudal másico circulante de refrigerante (kg/s)

REFRIG. N°	VOLUMEN ESPECIFICO (l/kg)	
	LIQUIDO v_f'	VAPOR v_g
12	0.6925	91.1
22	0.7496	77.6
30	0.7491	3115.1
123	0.64	856.3
134a	0.7376	120
170	2.3098	33
502	0.7254	50
507	0.9704	51
717	1.4982	508.8
718	1	152,600

Volumen específico a -15°C de varios refrigerantes

Compresor centrífugo



Bajo volumen específico del vapor en la aspiración: v_{asp} (m³/kg)

Permite reducir el tamaño del equipo (compresor y tuberías)

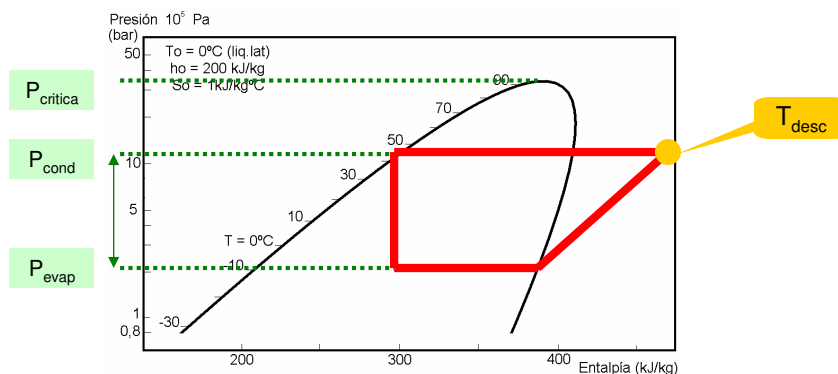
2.- Refrigerantes (II)

Las **características** y propiedades termodinámicas que han de tener son:

Presiones de trabajo moderadas

$P_{\text{cond}} \ll P_{\text{crítica}}$ (permite que el ciclo tenga recorrido)

$P_{\text{evap}} > P_{\text{atmos}}$ (evita entrada de humedad)



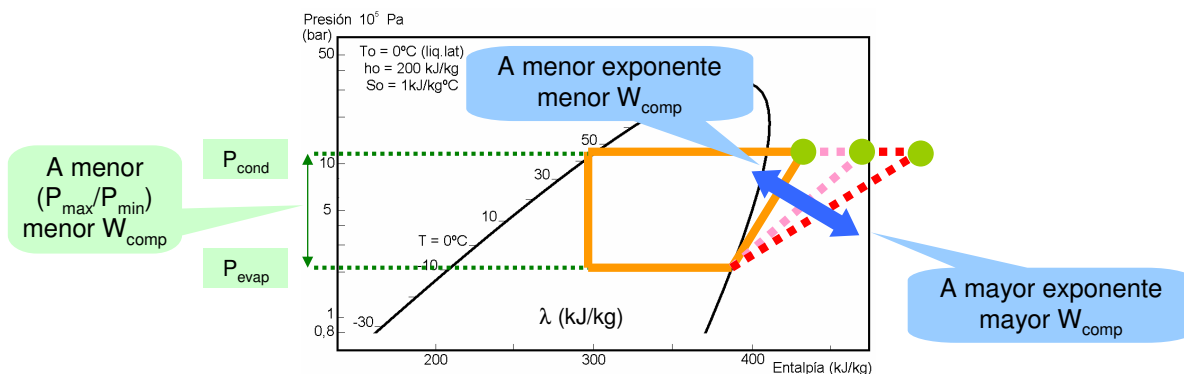
Temperatura de descarga moderada

Evitar la descomposición del lubricante y el asociado daño para el compresor

2.- Refrigerantes (III)

Las **características** y propiedades termodinámicas que han de tener son:

Tasa de compresión y exponente isoentrópico reducidos:



Punto de congelación bajo

Sin efectos secundarios para personas, materiales y género

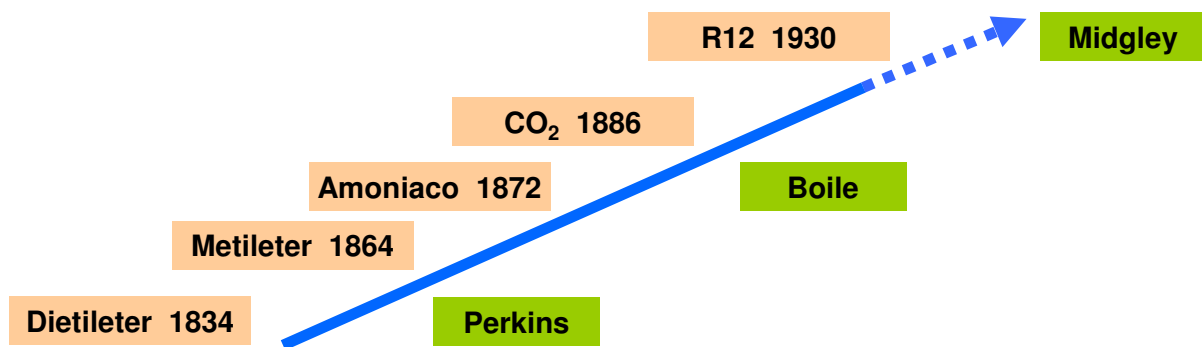
Disponible y de bajo costo

2.- Refrigerantes (IV)

Midgley y su equipo buscaban un refrigerante apropiado para aplicaciones domésticas (lo menos tóxico, inflamable posible)

Así llegaron los FREONES, siendo el primero el dicloro-difluoruro-metano (CF_2Cl_2)

Los FREONES desplazaron a la mayoría de los refrigerantes anteriores



7

3.- Clasificación de los Refrigerantes (I)

Por las **presiones de trabajo**:

- Baja presión, a P atm su T ebullición es alta, superior a $+20^\circ\text{C}$
- Media presión, T ebullición entre $+20^\circ\text{C}$ y -30°C
- Alta presión, T ebullición es baja, entre -30°C y -80°C
- Muy alta presión, a T ebullición es muy baja, inferior a -80°C

Por el **Reglamento de Seguridad (I)**

- GRUPO PRIMERO: si no es combustible ni toxico.
- GRUPO SEGUNDO: tóxica o corrosiva; combustible o explosiva a un 3,5 % o más en volumen
- GRUPO TERCERO: comb. o expl. a menos de un 3,5%

G 1º
R 12 / R 22
R 134a
R 404a

G 2º
R 717

G 3º
Propano R 290
Butano R 600

8

3.- Clasificación de los Refrigerantes (II)

Por Seguridad (II)

- **Toxicidad** (concentración y tiempo de exposición); Dos Grupos: A y B
 - TVL (TWA):** valor límite umbral de concentración para la jornada laboral, 8 h/día, sin sufrir efectos adversos
 - TVL (STEL):** valor límite umbral de concentración para 15 min, que no se debe exceder en la jornada laboral
 - TVL (C):** valor límite umbral de concentración instantánea que no se debe pasar
- **Inflamabilidad y Explosividad** (% vol. o ppm), tres Grupos: 1, 2 y 3
 - LI,** límite de concentración el aire a partir del cual la mezcla puede ser explosiva
 - LS,** límite de concentración el aire a partir del cual la mezcla deja de ser explosiva por falta de oxígeno

Nueva Designación	No propaga llama (1)	Baja Inflam. (2)	Alta Inflam. (3)
Baja Toxicidad (A)	A1 G1	A2 G3b	A3 G3
Alta Toxicidad (B)	B1 G2	B2 G2	B3 G3a

3.- Clasificación de los Refrigerantes (III)

Por su **composición química (I)**: Inorgánicos y orgánicos (hidrocarburos)

CFC's: dos átomos Cl, muy estables en la atmósfera (+100 años), contribuyen a la destrucción del ozono. **R11, R12, R113, R114, R115, R-500 y R-502**

HCFC's: un solo átomo de Cl, vida 2 a 28 años, afectan la capa de ozono 2 al 10% de los CFC, han sido una solución intermedia; influyen en mayor medida que los CFC en el calentamiento del planeta. **R-22, R-123, R-124 y R-141b**

Los **HFC's:** H, F y C, no destruyen el ozono, pero algunos de ellos tienen un efecto importante sobre el efecto invernadero. **R-152a, R-32, R-125 y R-143a**

El **R134a** niveles de toxicidad muy bajos, propiedades termodinámicas parecidas al R-12 en alta y media T. Como inconvenientes: disminuye el COP a medida que desciende T evaporación y aumenta la de condensación, no es miscible con aceites convencionales

3.- Clasificación de los Refrigerantes (IV)

Por su **composición química (II)**: Inorgánicos y orgánicos (hidrocarburos)

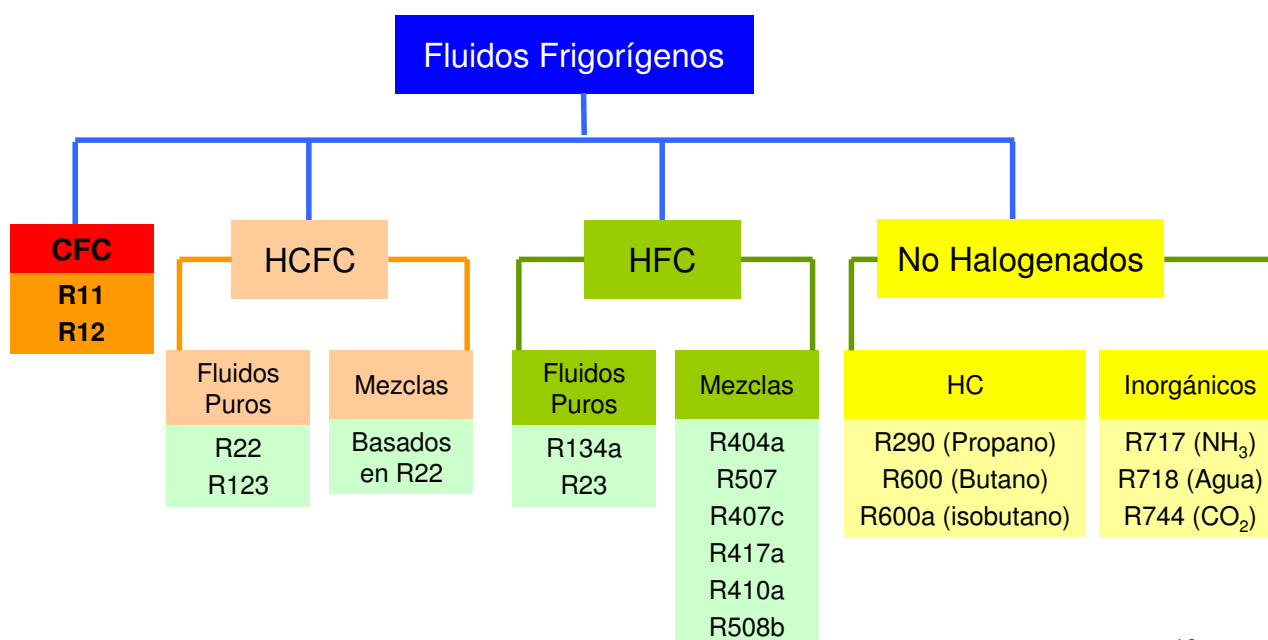
Mezclas: varían sus propiedades en función de la composición

- **Azeotrópica**: evaporan y condensan a temperatura constante, **R5XX**
- **Zeotrópica**: presentan deslizamiento, **R4XX**

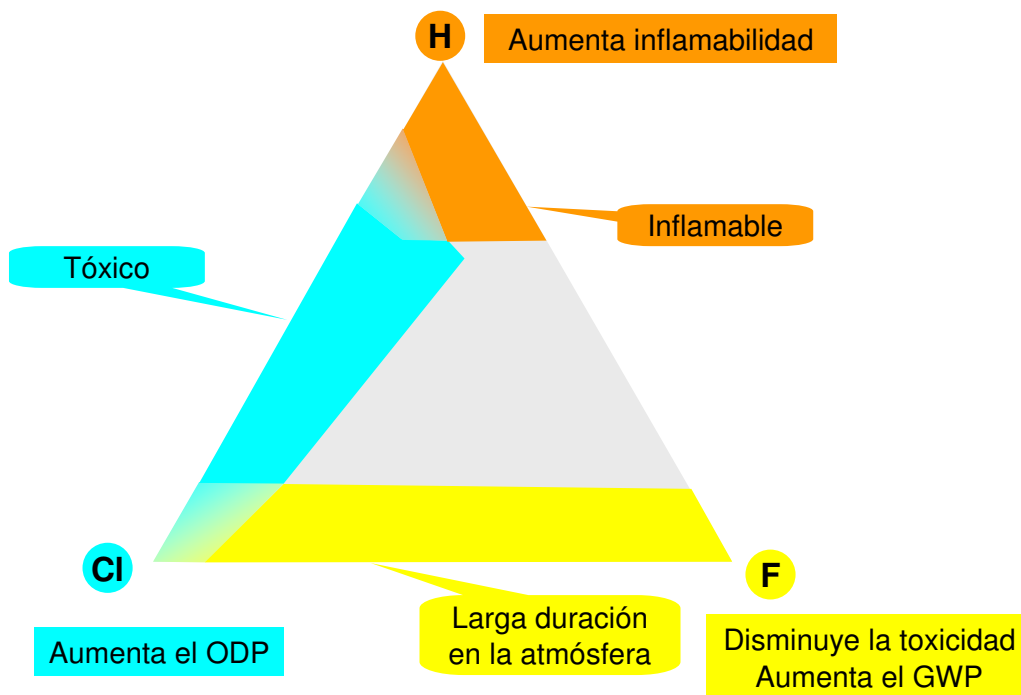
Fluidos de trabajo naturales:

- **El amoníaco R717 (NH₃)**, excelente refrigerante, sus inconvenientes son su elevada toxicidad y no ser compatible con el cobre, componentes de acero
- **Los hidrocarburos (HC's)**, propano (R290), butano (R600) y sus mezclas; su problema es su alta inflamabilidad
- **El agua (R718)** es un excelente fluido de trabajo para alta T
- **CO₂ (R744)**

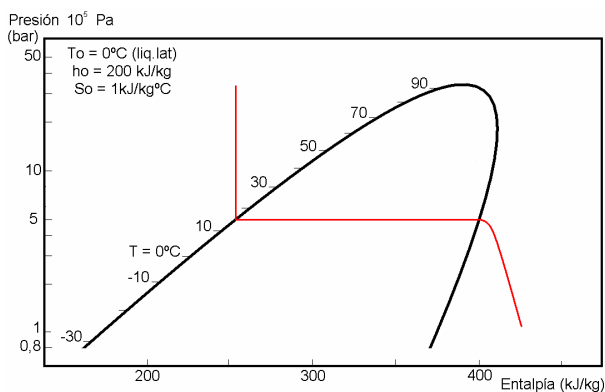
3.- Clasificación de los Refrigerantes (V)



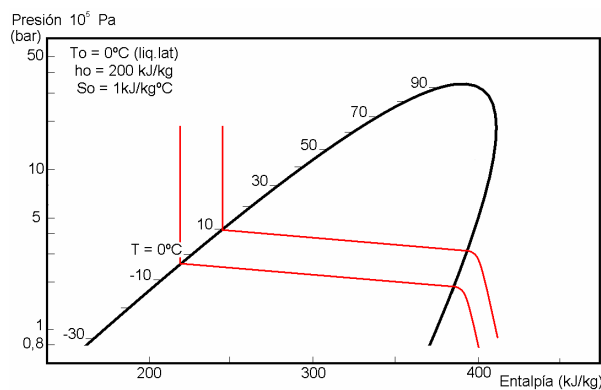
3.- Clasificación de los Refrigerantes (VI)



4.- Fluidos Puros y Mezclas (I)



El refrigerante está formado por un único componente. A una P determinada la T de cambio de estado permanece cte



El fluido está formado por combinación de varios componentes (diferente volatilidad)

- Zeotrópica
- Azeotrópicas

Clasificación de seguridad de las mezclas:
Como pueden separarse, se hace atendiendo a las peores condiciones

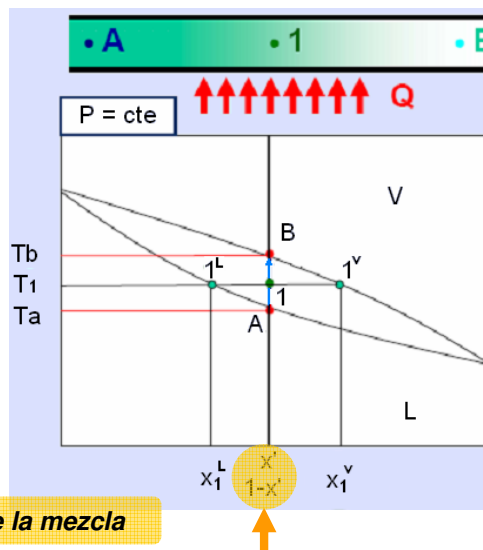
4.- Fluidos Puros y Mezclas (II)

Mezclas Zeotrópicas (R4XX)

A una presión dada presentan **deslizamiento** de T durante el cambio de fase
Se debe a cambios de composición por diferentes volatilidades de los componentes

Evaporación:

Al ir absorbiendo calor a P cte se llega a una mezcla bifásica (pto 1), en la que el vapor será más rico en el componente más volátil
La mezcla líquida será más rica en el componente menos volátil, elevando su punto de ebullición

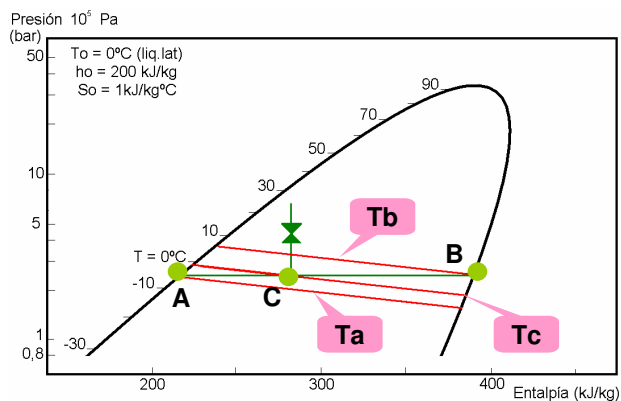


Composición de la mezcla

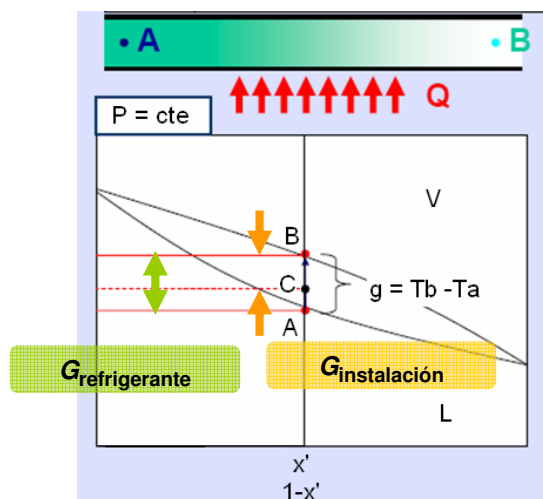
4.- Fluidos Puros y Mezclas (III)

Mezclas Zeotrópicas: Glide (deslizamiento)

Deslizamiento de T^a : $g = T_b - T_a$

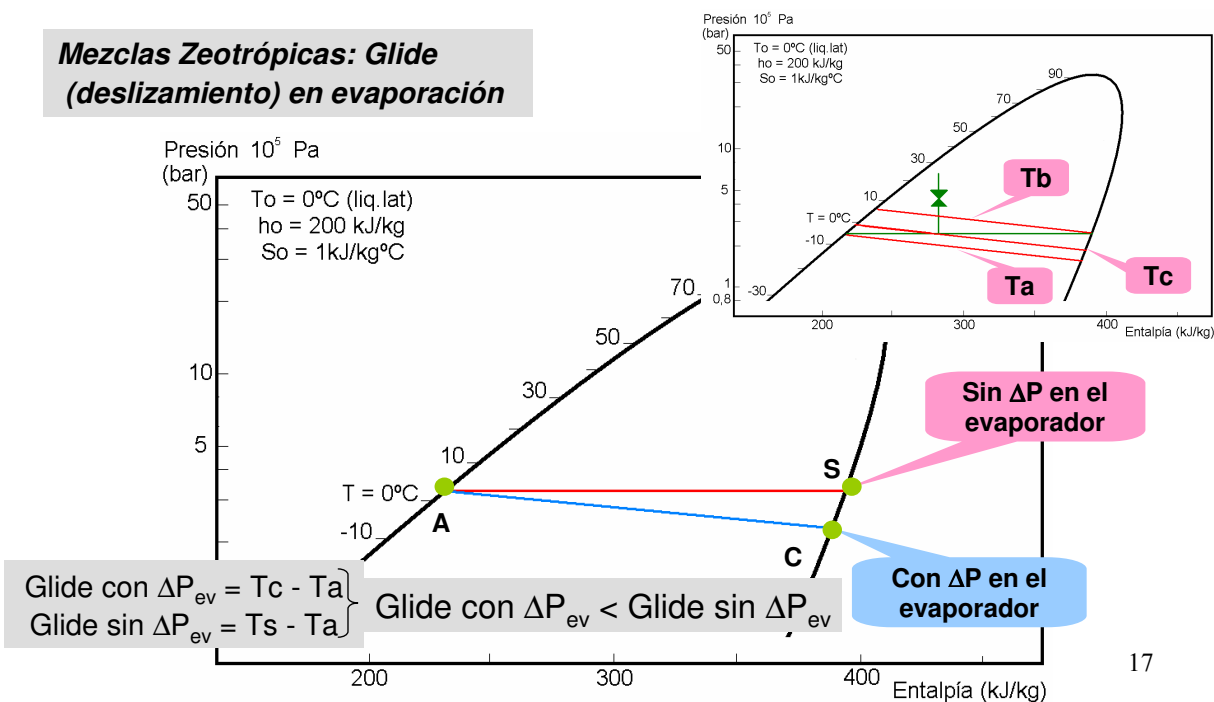


$G_{instalación} = T_b - T_c$



4.- Fluidos Puros y Mezclas (IV)

Mezclas Zeotrópicas: Glide (deslizamiento) en evaporación

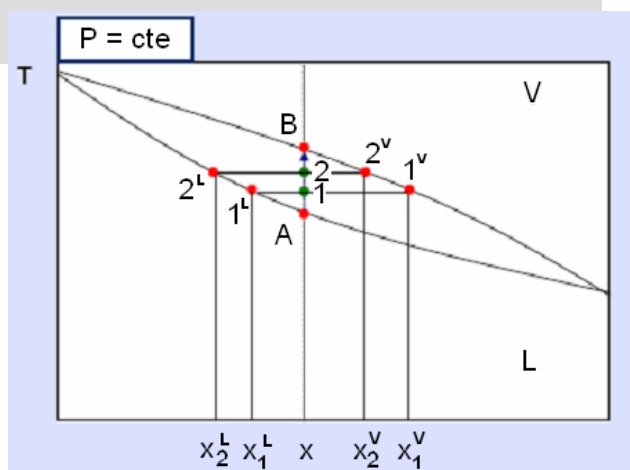


4.- Fluidos Puros y Mezclas (V)

Mezclas Zeotrópicas: Glide
Fraccionamiento: Cambio de composición en los cambios de estado

- Fugas
- Cargas de refrigerante
- Evaporadores inundados, ...

Deslizamiento de T^a : $g = T_b - T_a$



4.- Fluidos Puros y Mezclas (VI)

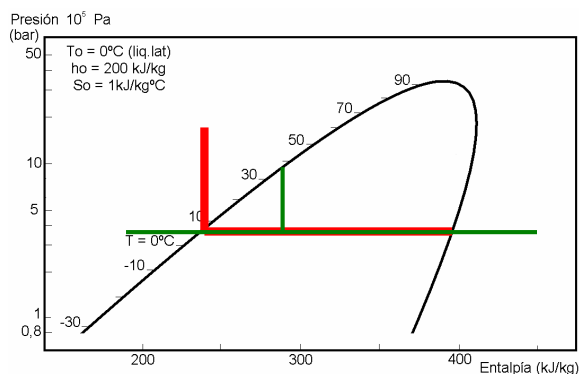
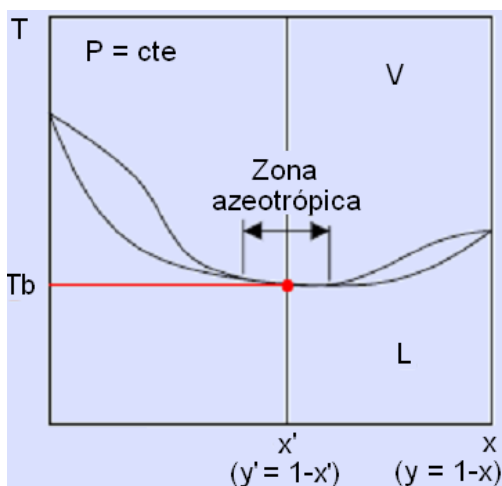
Cambio en la composición del R-404A durante la ebullición a 20 °C

% en peso hervido	Composición del Líquido (% en peso)		
	R22	R152a	R124
0	53,0	13,0	34,0
20	46,6	13,2	40,2
40	37,3	13,6	49,1
60	27,5	13,7	58,8
80	13,8	12,5	73,7
98	0,0	2,5	97,5

4.- Fluidos Puros y Mezclas (VII)

Mezclas Azeotrópicas:

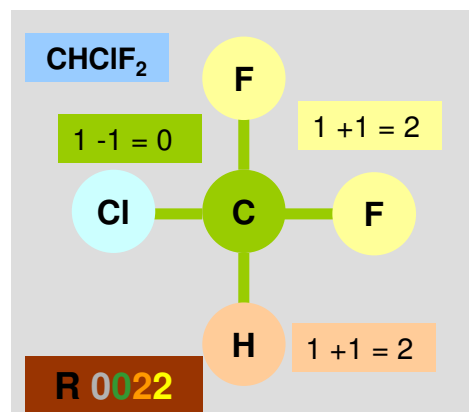
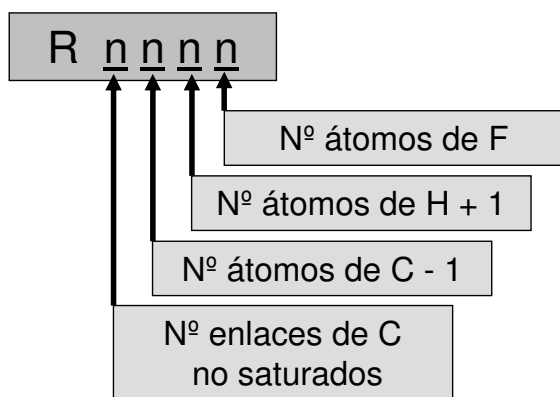
Formadas por varios componentes, en los que sus cambios de estado a una P se producen a T cte



5.- Nomenclatura de los Fluidos Refrigerantes (I)

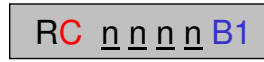
El nombre se establece a partir de la fórmula química como:

R, seguido de una expresión numérica, con posibilidad de añadir una letra final



Si la molécula tiene átomos de Br se añade una **B** a la derecha seguida del Nº átomos de Br

En los derivados cíclicos se añade una **C** a la izquierda



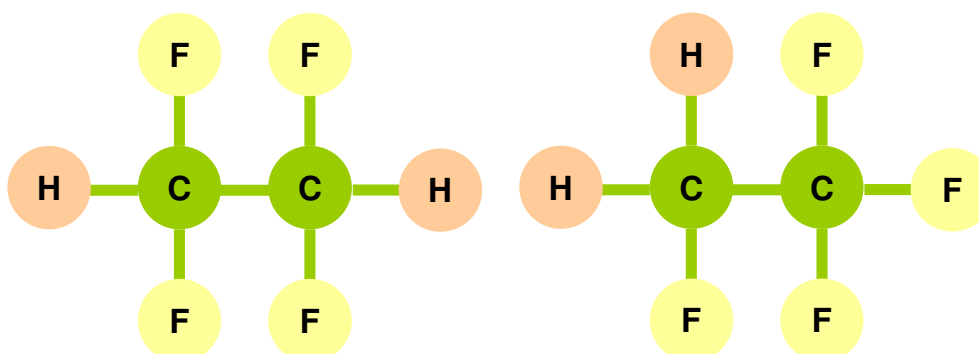
5.- Nomenclatura de los Fluidos Refrigerantes (II)

Isomería:

Una molécula de más C tiene varios tipos de asociación, isomérica ($NC \geq 2$)

NC = 2: una letra minúscula al final de la designación define al isómero

Se toman los pesos atómicos ligados a cada C. La configuración que más uniformemente los distribuya no posee letra alguna, las siguientes las letras "a", "b", ...

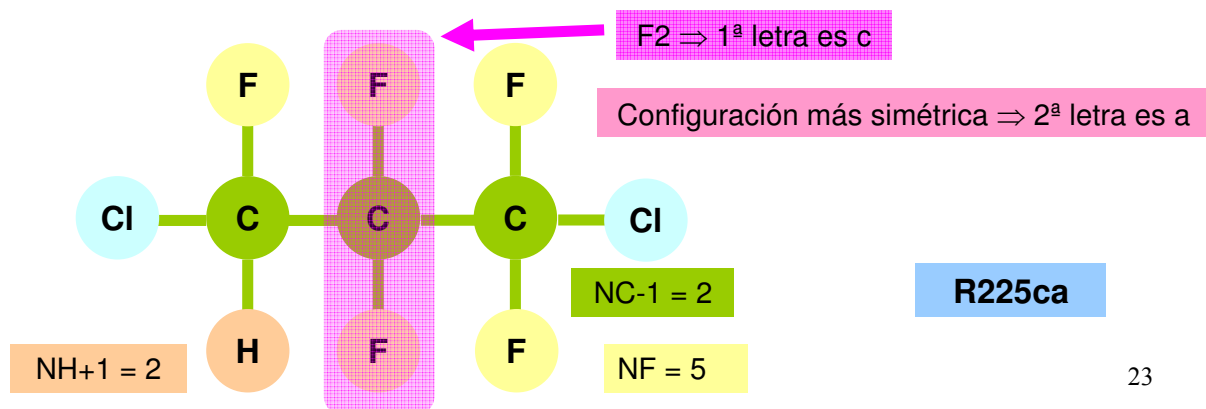


5.- Nomenclatura de los Fluidos Refrigerantes (III)

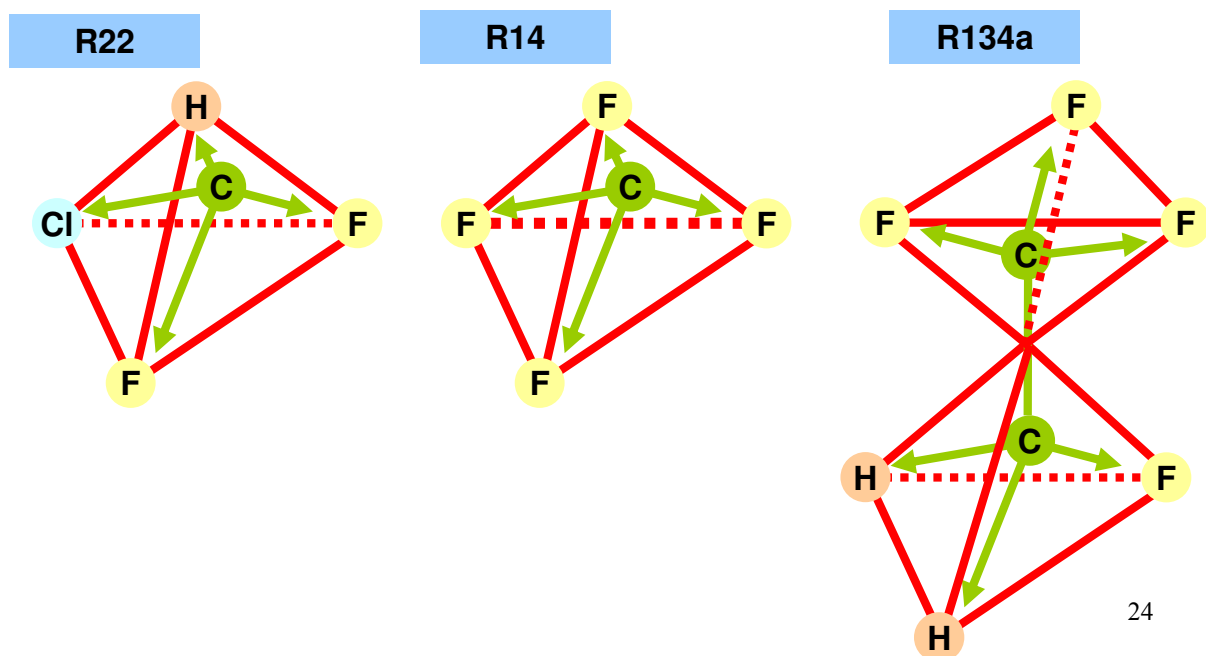
Isomería:

NC = 3: **La 1ª letra** designa los átomos del enlace intermedio
(a Cl₂, b Cl-F, c F₂, d Cl-H, e H-F, f H₂)

La 2ª letra designa la creciente simetría en pesos atómicos
(a configuración más simétrica, b, c. ... menos simétricas)



5.- Nomenclatura de los Fluidos Refrigerantes (IV)



5.- Nomenclatura de los Fluidos Refrigerantes (V)

Mezclas:

Zeotrópicas: R400 (R410A, R401B, R402A, etc)

Azeotrópicas: R500 (R501, R502, ...R508A, etc)

Al final de la designación se añade una letra mayúscula (A, B, ...) en caso de estar formada por los mismos componentes pero en diferente proporción

Ej: R407 (R23 / 125 / 134a)

R407A (R23 / 125 / 134a) (20 / 40 / 40%)

R407B (R23 / 125 / 134a) (10 / 70 / 20%)

R407C (R23 / 125 / 134a) (23 / 35 / 53%)

25

5.- Nomenclatura de los Fluidos Refrigerantes (VI)

Inorgánicos:

R700 + Peso Molecular del compuesto

Amoniaco ($\text{NH}_3 \Rightarrow 3 \times 1 + 14 = 17$) R 717

Agua ($\text{H}_2\text{O} \Rightarrow 2 \times 1 + 16 = 18$) R 718

Dióxido de Carbono ($\text{CO}_2 \Rightarrow 2 \times 16 + 12 = 44$) R 744

26

5.- Nomenclatura de los Fluidos Refrigerantes (VII)

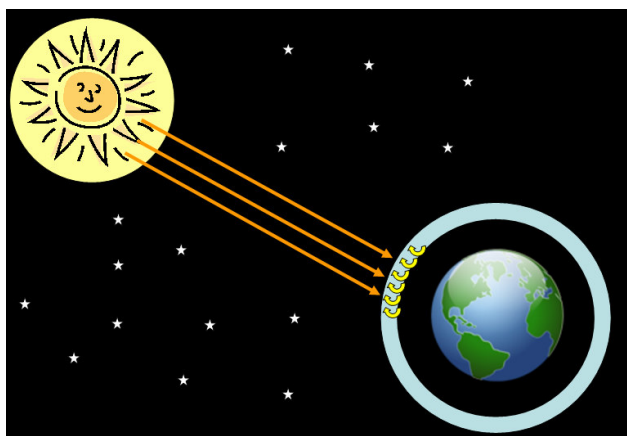
No.	NOMBRE QUIMICO	FORMULA QUIMICA			
	Serie Metano			Compuestos Inorgánicos	
10	Tetraclorometano (tetracloruro de carbono)	CCl ₄	702	Hidrógeno	H ₂
11	Tricloromonofluorometano	CCl ₃ F	704	Helio	He
12	Diclorodifluorometano	CCl ₂ F ₂	717	Amoniaco	NH ₃
13	Clorotrifluorometano	CClF ₃	718	Agua	H ₂ O
20	Triclorometano (cloroformo)	CHCl ₃	720	Neón	Ne
21	Diclorofluorometano	CHCl ₂ F	728	Nitrógeno	N ₂
22	Clorodifluorometano	CHClF ₂	732	Oxígeno	O ₂
23	Trifluorometano	CHF ₃	744	Bióxido de Carbono	CO ₂
30	Diclorometano (cloruro de metileno)	CH ₂ Cl ₂	764	Bióxido de Azufre	SO ₂
40	Clorometano (cloruro de metilo)	CH ₃ Cl			
50	Metano	CH ₄			
	Serie Etano			Mezclas Zeotrópicas	
110	Hexacloroetano	CCl ₃ CCl ₃	400	R-12/114 (60/40)	
113	1,1,2-triclorotrifluoroetano	CCl ₂ FCClF ₂	401A	R-22/152a/124 (53/13/34)	
115	Cloropentafluoroetano	CClF ₂ CF ₃	401B	R-22/152a/124 (61/11/28)	
123	2,2-Dicloro - 1,1,1-Trifluoroetano	CHCl ₂ CF ₃	402A	R-22/125/290 (38/60/2)	
134a	1,1,1,2-Tetrafluoroetano	CH ₂ FCF ₃	402B	R-22/125/290 (60/38/2)	
141b	1,1-Dicloro-1-fluoroetano	CH ₃ CCl ₂ F	404A	R-125/143a/134a (44/52/4)	
150a	1,1-Dicloroetano	CH ₃ CHCl ₂	407A	R-32/125/134a (20/40/40)	
152a	1,1-Difluoroetano	CH ₃ CHF ₂	407B	R-32/125/134a (10/70/20)	
160	Cloroetano (cloruro de etilo)	CH ₃ CH ₂ Cl	407C	R-32/125/134a (23/25/52)	
170	Etano	CH ₃ CH ₃	408A	R-125/143a/22 (7/46/47)	
	Hidrocarburos		409A	R-22/124/142b (60/25/15)	
290	Propano	CH ₃ CH ₂ CH ₃	410A	R-32/125 (50/50)	
600	Butano	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃			
600a	2-Metilpropano (isobutano)	CH(CH ₃) ₃			
				Mezclas Azeotrópicas	
			500	R-12/152a (73.8/26.2)	
			502	R22/115 (48.8/51.2)	
			503	R-223/13 (40.1/59.9)	
			507	R-125/143a (50/50)	

27

6.- Problemas de los Refrigerantes (I)

La **capa de ozono** es un filtro para los rayos ultravioleta que llegan a la Tierra. Esta radiación produce efectos como afecciones en la piel, vista, etc.

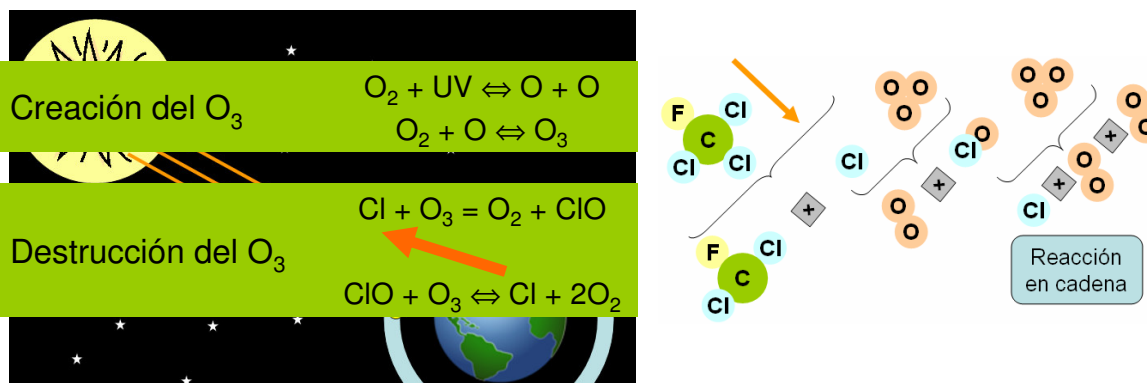
En 1974 Rowland y Molina lanzaron la hipótesis que los CFC agotan la capa de O₃



6.- Problemas de los Refrigerantes (I)

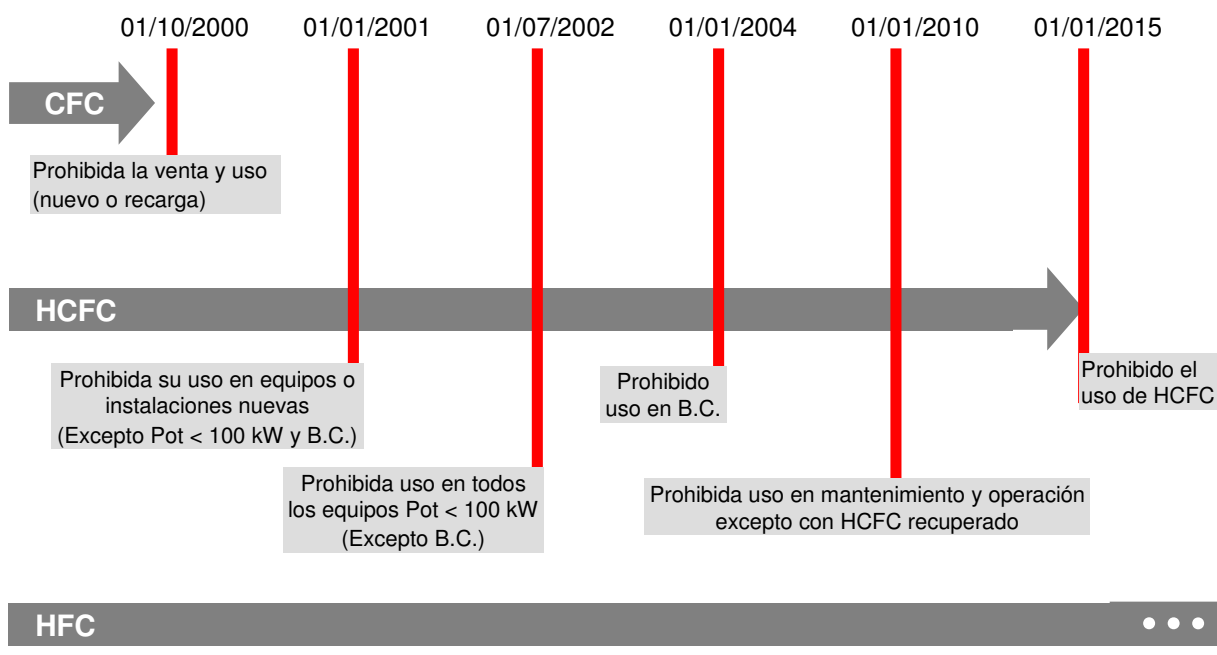
La **capa de ozono** es un filtro para los rayos ultravioleta que llegan a la Tierra. Esta radiación produce efectos como afecciones en la piel, vista, etc.

En 1974 Rowland y Molina lanzaron la hipótesis que los CFC agotan la capa de O₃

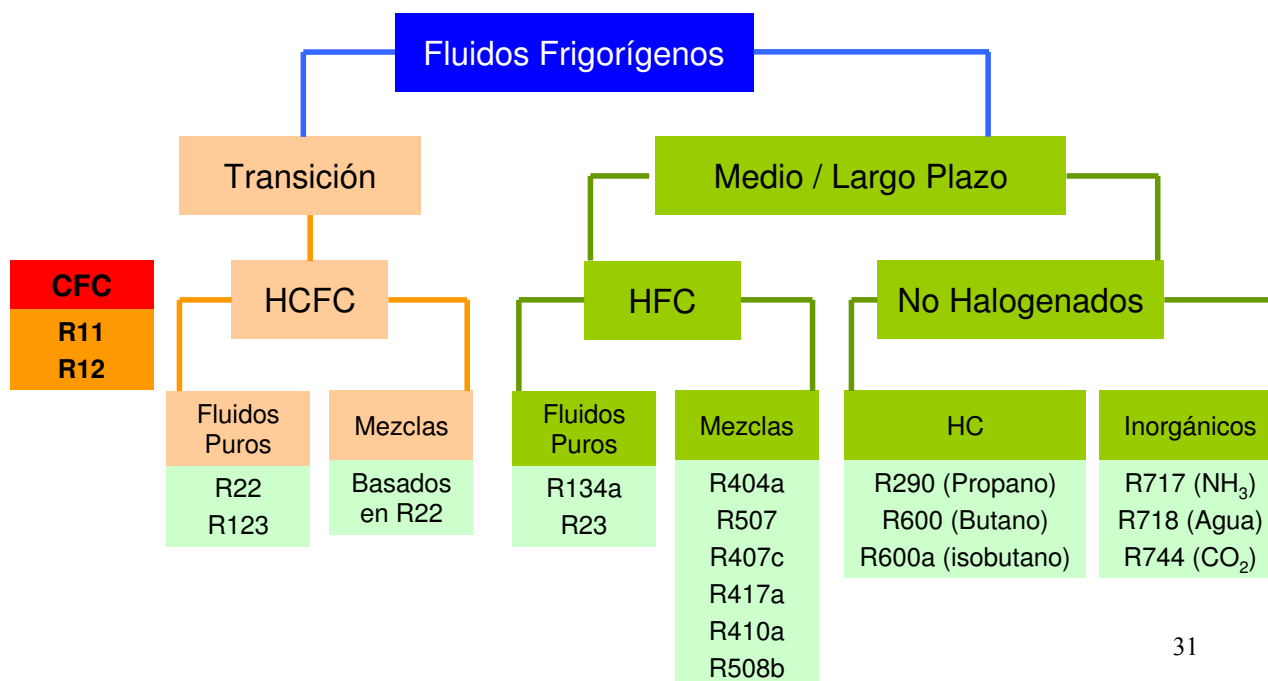


La evidencia llevó a la firma del Protocolo de Montreal (1987) para la sustitución de los CFC, temporalmente por HCF's y finalmente por HFC's

6.- Problemas de los Refrigerantes (II)



6.- Problemas de los Refrigerantes (III)



31

6.- Problemas de los Refrigerantes (IV)

El factor de destrucción de la capa de ozono se llama **ODP** (Ozone Depletion Potential). Es un valor comparativo con el efecto del R11 (1)

Refrig.	Cont. Cl (%)	ODP	Vida
R11 (CFC)	77,4	1	60
R12 (CFC)	58,6	0,95	130
R22 (HCFC)	41	0.05	15
R134a (HFC)	0	0	16

32

6.- Problemas de los Refrigerantes (V)

Contribución a incrementar el efecto invernadero (I):

Parte de la energía recibida del sol es absorbida por la tierra, que se calienta e irradia, a su vez, calor hacia el espacio

Algunos vapores (CO₂, vapor de agua, el metano, los CFC's) retienen parte de la radiación, por lo que la tierra se calienta. Es el **efecto invernadero**

La influencia es el índice **GWP**, que mide la acción directa del refrigerante

Refrigerante	GWP
R11	4.000
R12	8.500
R22	1.700
R113	5.000

Refrigerante	GWP
R134a	1.300
R407c	1.609
R718	0
R744	1

Refrigerante	GWP
R717	0
R170	3
R290	3
R600	3

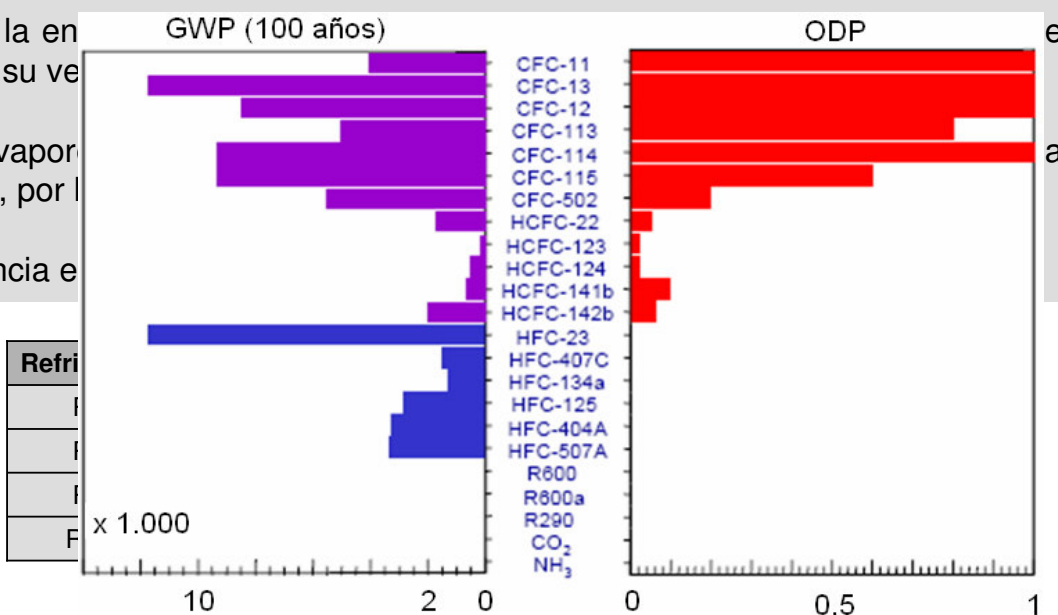
6.- Problemas de los Refrigerantes (V)

Contribución a incrementar el efecto invernadero (I):

Parte de la energía recibida del sol es absorbida por la tierra, que se calienta e irradia, a su vez, calor hacia el espacio

Algunos vapores (CO₂, vapor de agua, el metano, los CFC's) retienen parte de la radiación, por lo que la tierra se calienta. Es el **efecto invernadero**

La influencia es el índice **GWP**, que mide la acción directa del refrigerante



6.- Problemas de los Refrigerantes (VI)

Contribución a incrementar el efecto invernadero (II):

El índice **TEWI** tiene en cuenta las emisiones que se generan en el ciclo de vida (tiene importancia el COP, la cantidad y el tipo de energía consumida)

$$TEWI = \underbrace{\text{Efecto Directo}} + \underbrace{\text{Efecto Indirecto}}$$

$$TEWI = GWP \left[Per_{Refrig} V_U + M_{Refrig} (1 - Rec_{Refrig}) \right] + \alpha E V_U$$

- Directo (fugas de refrigerante)
- Indirecto (la energía consumida)

GWP_{Refrig} :	valor del GWP asignado al refrigerante
Per_{Refrig} :	pérdidas anuales medias de refrigerante por fugas del sistema en kg/año
V_U :	vida útil de la instalación en años
M_{Refrig} :	kg de refrigerante liberados a la atmósfera durante el funcionamiento de la instalación en toda su vida
Rec_{Refrig} :	es el factor de recuperación del refrigerante al final de la vida útil, es decir, la fracción de m que se puede recuperar
α :	factor de conversión para determinar el CO ₂ por kWh eléctrico en función de las fuentes energéticas primarias
E_{Anual} :	kWh consumidos al año por la instalación

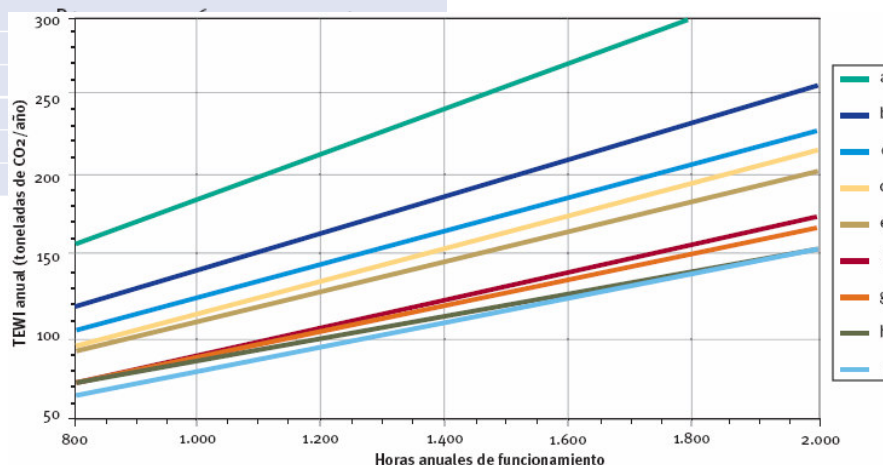
5

6.- Problemas de los Refrigerantes (VII)

Tipo de máquina	Enfriamiento de condensador	Refrigerante	COP	Energía (1.000 h/año) MWh/año
(a)- Alternativo	Aire	R22	2,6	241
(b)- Tornillo	Aire	R134a	3,2	193
(c)- Alternativo	Agua	R134a	3,5	179
(d)- Alternativo	Agua	R407c	3,6	174
(e)- Alternativo	Agua	R22	4,0	156
(f)- Alternativo	Agua	R707	4,4	147
(g)- Tornillo	Agua	R134a	4,5	139
(h)- Turbo	Agua	R134a	5,5	118
(i)- Tornillo	Evaporativo	R707	5,1	128

6.- Problemas de los Refrigerantes (VII)

Tipo de máquina	Enfriamiento de condensador	Refrigerante	COP	Energía (1.000 h/año) MWh/año
(a)- Alternativo	Aire	R22	2,6	241
(b)- Tornillo	Aire	R134a	3,2	193
(c)- Alternativo	Agua	R134a	3,5	179
(d)- Alternativo	Agua			
(e)- Alternativo	Agua			
(f)- Alternativo	Agua			
(g)- Tornillo	Agua			
(h)- Turbo	Agua			
(i)- Tornillo	Evaporativo			

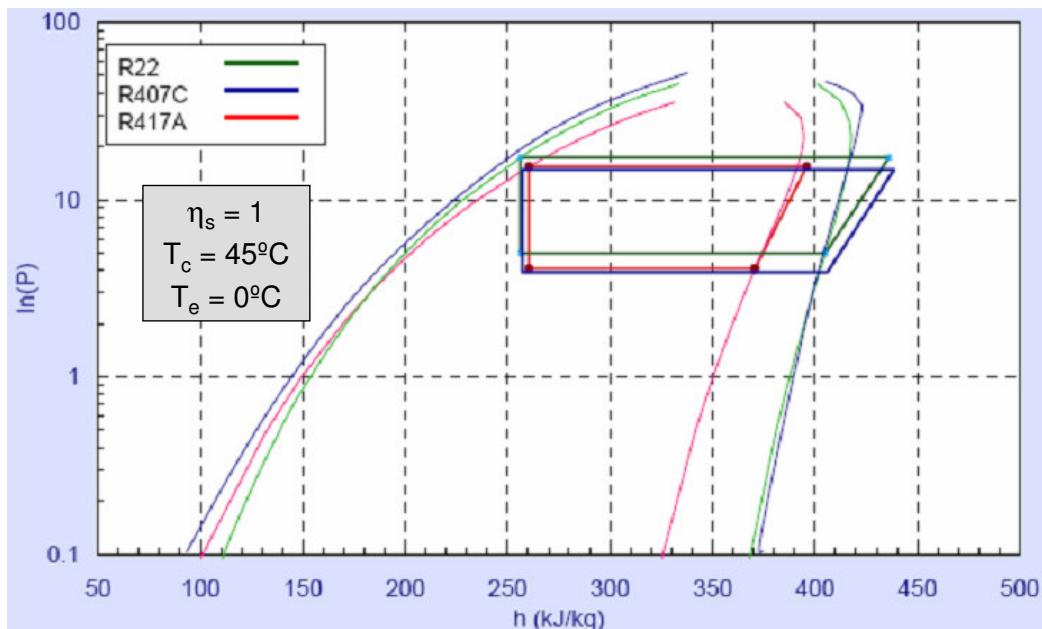


7.- Comparación de Fluidos Refrigerantes (I)

Propiedades de algunos Refrigerantes

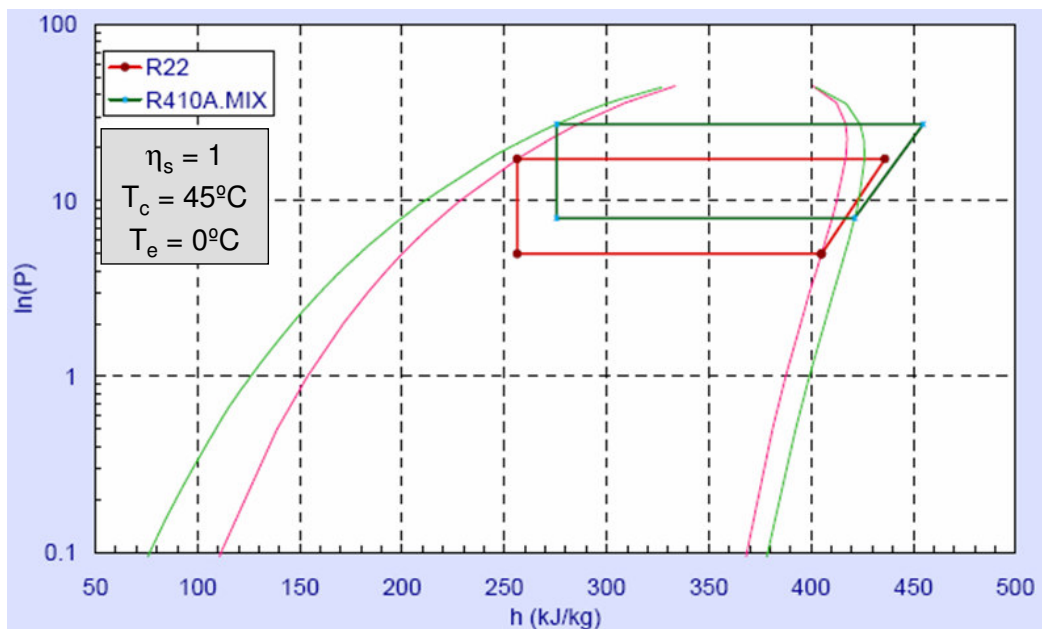
Número ASHRAE	Composición (en peso)	ODP	Influencia en efecto invernadero	Desliz	Punto de ebullición normal	Capacidad de enfriamiento (-5/+45°C)	Nombre comercial Observ.
R-22	CHCLF2	0,05	0,35	0 K	-40,8	100%	HCFC
R-407c	R32/R125/R134a 23% / 25% / 52%	0	0,29	5-7 K	-43,6 -36,8	97%	SUVA 9000 KLEA 66 AZ20 Zeotrópico
R-410a	R32 / R125	0	0,41	CASI 0 K	-50,5	141%	AZ20 Cuasi-azeotrópico
R-410b	R-32 / R-125 45% / 55%	0	0,41	CASI 0 K	-51,3 -51,2	137%	SUVA 9100 Cuasi-azeotrópico
R-507	R 125 / R 143a 50 / 50	0	0,98	0 K	-46,7	96%	AZ50 Azeotrópico
R-717	NH ₃	0	0	0K	-33,6	112%	Amoniaco Inflamable y tóxico

7.- Comparación de Fluidos Refrigerantes (II)



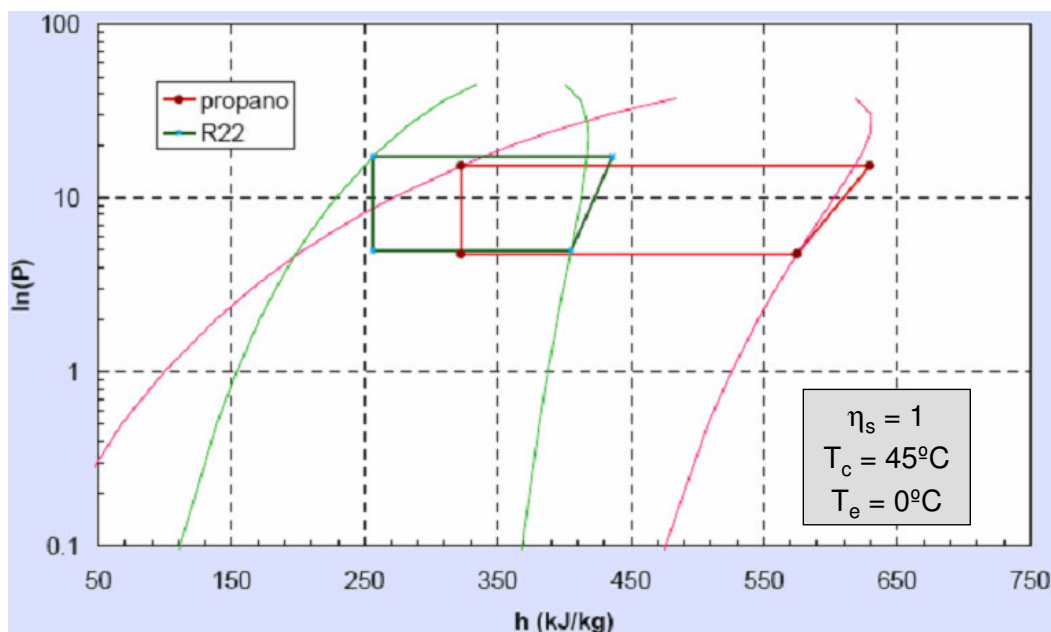
39

7.- Comparación de Fluidos Refrigerantes (III)



40

7.- Comparación de Fluidos Refrigerantes (IV)



La selección del refrigerante se hace en función de la T de trabajo

41

7.- Comparación de Fluidos Refrigerantes (V)

Tabla

Saturado
 Sobrecalentado

Temperatura [°C]
 Presión [bar]

Inicio: -10,00
 Fin: 50,00
 Incremento: 5,00

Tabla de cálculo
 Cancelar

t [°C]	p' [bar]	p'' [bar]	h' [kJ/kg]	h'' [kJ/kg]	s' [kJ/kgK]	s'' [kJ/kgK]	v' [dm ³ /kg]	v'' [dm ³ /kg]
-10,00	3,456	2,976	186,91	366,42	0,9515	1,6340	0,7798	63,4205
-5,00	4,082	3,554	193,40	369,56	0,9758	1,6332	0,7904	53,4384
0,00	4,791	4,217	200,00	372,64	1,0000	1,6325	0,8014	45,2523
5,00	5,591	4,972	206,73	375,66	1,0242	1,6320	0,8131	38,4954
10,00	6,489	5,826	213,59	378,59	1,0483	1,6316	0,8255	32,8840
15,00	7,493	6,789	220,59	381,43	1,0726	1,6313	0,8386	28,1966
20,00	8,609	7,866	227,74	384,16	1,0969	1,6311	0,8527	24,2589
25,00	9,847	9,066	235,07	386,78	1,1213	1,6308	0,8680	20,9334
30,00	11,212	10,398	242,59	389,26	1,1459	1,6304	0,8845	18,1102
35,00	12,712	11,867	250,31	391,59	1,1707	1,6299	0,9026	15,7016
40,00	14,356	13,481	258,26	393,75	1,1958	1,6293	0,9226	13,6364
45,00	16,150	15,248	266,49	395,70	1,2213	1,6283	0,9448	11,8573

42

7.- Comparación de Fluidos Refrigerantes (VI)

Aplicaciones	Anteriores	Transición	Largo Plazo
Refrigeración doméstica	R12 R500	R401a R409a	R134a R600a
Climatización Enfriadoras ↑Q	R11, R12 R717, R500	R123	R134a R717
Refrigeración comercial (+)	R12	R22 R401a	R134a R404a, R507
Refrigeración comercial (-)	R502	R402a R408a	R404a R507
Refrigeración industrial	R22 R717	R22	R404a, R507 R717
Refrigeración muy baja T ^a	R13 R503		R23 R508a, R508b
Climatización	R22 R500	R22	R407c, R410a R290
Climatización automóvil	R12 R500		R134a R744

7.- Comparación de Fluidos Refrigerantes (VII)

REFRIG. ANTERIOR	REFRIGERANTE SUSTITUTO				LUBRICANTE	APLICACION TIPICA	REEMPLAZO					
	NO. DE ASHRAE	NOMBRE COMERCIAL	FABRICANTE	TIPO			INTERINO	LARGO PLAZO				
R-11	R-123	Suva Centri-LP	DuPont	Compuesto Puro	Alquil Benceno o Aceite Mineral	*Enfriadores de Agua con Compresores Centrífugos.		X				
		Genetrón 123	Quimobásicos									
		Forane-123	Elf Atochem									
R-12	R-134a	Suva Cold MP	DuPont	Compuesto Puro	Poliol Ester	*Equipos Nuevos y Reacondicionamientos. *Refrigeración Doméstica y Comercial (Temp. de Evaporación arriba de -7 °C). *Aire Acond. Residencial y Comercial.		X				
		Genetrón 134a	Quimobásicos									
		Forane 134a	Elf Atochem									
		Klea 134a	ICI									
	R-401A	Suva MP39	DuPont	Mezclas Zeotrópicas (Blends)	Alquil Benceno	*Reacondicionamientos en Refrigeración Comercial (arriba de -23 °C).	X					
		Genetrón MP39	Quimobásicos									
	R-401B	Suva MP66	DuPont				Mezclas Zeotrópicas (Blends)		Alquil Benceno	*Reacondicionamientos en Refrigeración Comercial (abajo de -23 °C). *Transportes Refrigerados.	X	
		Genetrón MP66	Quimobásicos									
R-409A	Genetrón 409A	Quimobásicos	Mezclas Zeotrópicas (Blends)				Alquil Benceno		*Reacondicionamientos.	X		
	FX-56	Elf Atochem										
R-13	Sin	Suva 95	DuPont				Mezcla Azeot.		Poliol Ester	*Muy Baja Temperatura		X
R-22	R-410A	Genetrón AZ-20	Quimobásicos				Mezclas Azeotrópicas		Poliol Ester	*Sistemas Unitarios de Aire Acondicionado.		X
	R-410B	Suva 9100	DuPont	Poliol Ester		X						
	R-407C	Suva 9000	DuPont	Mezcla Zeotrópica (Blend)	Poliol Ester	*Aire Acondicionado Residencial y Comercial. *Bombas de Calor. (Equipos Nuevos y Reacondicionamientos).		X				
		Genetrón 407C	Quimobásicos									
		Klea 66	ICI									
	R-507	Genetrón AZ-50	Quimobásicos	Azeótropo	Poliol Ester	*Refrigeración Comercial (Temp. Media y Baja).		X				

7.- Comparación de Fluidos Refrigerantes (VII)

REFRIG. ANTERIOR	REFRIGERANTE SUSTITUTO				LUBRICANTE	APLICACION TÍPICA	REEMPLAZO		
	NO. DE ASHRAE	NOMBRE COMERCIAL	FABRICANTE	TIPO			INTERINO	LARGO PLAZO	
R-502	R-402A	Suva HP80	DuPont	Mezclas Zeotrópicas (Blends)	Alquil Benceno	*Refrigeración Comercial (Temp. Media y Baja). (Principalmente en Reacondicionamientos).	X		
		Genetrón HP80	Quimobásicos						
	R-402B	Suva HP81	DuPont		Alquil Benceno	*Máquinas de Hielo y Otros Equipos Compactos.	X		
	R-404A	Suva HP-62	DuPont		Poliol Ester	*Refrigeración Comercial (Temp. Media y Baja). (Equipos Nuevos y Reacondicionamientos).		X	
		Genetrón 404A	Quimobásicos						
	R-407A	FX-70	Elf Atochem		Poliol Ester			X	
		Klea 60	ICI						
	R-408A	FX-10	Elf Atochem		Alquil Benceno			X	
R-507	Genetrón AZ-50	Quimobásicos	Azeótropo	Poliol Ester			X		
R-503	Sin	Suva 95	DuPont	Mezcla Azeot.	Poliol Ester		*Muy Baja Temperatura.		X

45

7.- Comparación de Fluidos Refrigerantes (VIII)

Operación y Mantenimiento (I)

Muy Higroscópicos

	MO	AB	M/A	POE	PAG
	Mineral Oil	Alquilbencenos	Minerales Alquilbencénicos	Poliol ester	Polialquilglicoles
(H)CFC	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Con limitaciones	No compatible
HFC	No compatible	Con limitaciones	No compatible	Adecuado	Con limitaciones
HC	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Con limitaciones
NH ₃	Adecuado	Con limitaciones	Con limitaciones	No compatible	Con limitaciones

46

7.- Comparación de Fluidos Refrigerantes (IX)

Operación y Mantenimiento (II)

Viscosidades de aceites recomendadas

CONDICION DEL SERVICIO	REFRIG.	VISCOSIDAD	
		cSt	SUS
Temp. del Compresor:			
Normal	Todos	32	150
Alta	Halogenados	68	300
	Amoniaco	68	300
Temp. del Evaporador:			
Hasta -18°C (0°F)	Halogenados	32	150
	Amoniaco	68	300
De -18°C a -40°C (0°F a -40°F)	Halogenados	32	150
	Amoniaco	32	150
Abajo de -40°C (-40°F)	Halogenados	32	150
	Amoniaco	32	150
Aire Acondicionado Automotriz:			
	Halogenados	100	500
Compresores Rotativos:			
	Todos	100	500
Compresores Centrífugos:			
	Todos	100	500

8.- Amoniaco (R717) (I)

- Elevadas temperaturas de descarga
 - Altísimo calor latente de vaporización
 - Densidad mucho mas baja que cualquier refrigerante
- } Los efectos compensan el volumen desplazado
- Es un gas incoloro, de fuerte olor, llega a ser tóxico e irrespirable
 - Facilidad de detección de fugas
 - Con presión y mezclado con aceite, puede formar una mezcla explosiva
 - Combustible en determinadas proporciones con el aire del ambiente
 - Estable hasta los 150 °C
 - Corroe y ataca al cobre y todas sus aleaciones
 - No se mezcla con los aceites de nafta ni los sintéticos
 - Si hay una fuga, el amoniaco se disuelve en agua; todos los productos alimenticios contienen agua, puede hacer que estos tomen mal sabor, incluso que sean perjudiciales para la salud

8.- Amoniaco (R717) (II)

ppm	Efecto
5	Límite de detección
25	TWA media ponderada en el tiempo
35	STEL límite de exposición de corta duración
150-200	Ojos levemente afectados tras 1 min.
300	Nivel inferior de riesgo
450	Ojos afectados rápidamente
600	Lágrimas tras 30 sg
700	Lágrimas en pocos sg
1.000	Visión disminuida, respiración insoportable, irritación de piel en min.
1.500	Ambiente insoportable, reacción instantánea a salir del lugar
30.000	Dosis letal

49

9.- CO₂ (R744) (I)

- Gas inerte no contaminante es un producto natural
- Estable químicamente
- No corrosivo
- No deteriora los productos en caso de fuga
- No combustible, se utiliza en la extinción de incendios
- No es irritante, es inodoro: no causa alarma
- La descarga a la atmósfera es totalmente inocua a todos los efectos y pasa desapercibida

- Mucho más denso que el aire, sus fugas caen al suelo y desplazan el oxígeno, en concentraciones altas puede ser peligroso y letal
- Riesgo de congelación por despresurización

50

9.- CO₂ (R744) (II)

Su gran densidad hace que el volumen desplazado sea pequeño
(6-8 veces amoniaco)

- Compresores de menor tamaño y cilindrada
- Menor cantidad de refrigerante en instalación
- Menor tamaño de recipientes y líneas

Esto es especialmente a baja presiones

10.- Salmueras (I)

La **clasificación** de las salmueras puede hacerse en:

- Salmueras de tipo **salino**
- Salmueras a base de **glicol**: (etilenglicol y propilenglicol)
- Salmueras para **bajas temperaturas** (alcoholes)
- Salmueras para **aplicaciones especiales** (aceites térmicos)

Las **aplicaciones**

- Aplicaciones Específicas como en las pistas de patinaje
- Industria Alimentaria; para enfriamiento y congelación por inmersión directa
- La Fabricación de Hielo en Barras
- Las Aplicaciones de Tipo Industrial
- En instalaciones centralizadas de aire acondicionado

Permiten el **almacenamiento**

Presentan problemas de **corrosión**, por lo que el sistema debe mantenerse sobrepresionado y sin contacto con la atmósfera

10.- Salmueras (II)

Los sistemas de **distribución** para las **salmueras** son similares a los de agua en circuito cerrado. La diferencia fundamental reside en la **viscosidad**

Las salmueras son líquidos térmicamente inferiores al agua, por lo que es preciso gastar **más energía** de bombeo.

Factores para **seleccionar la salmuera**:

- El **coste** de las salmueras, y de los tratamientos del agua y los inhibidores
- La **corrosión** y la incompatibilidad con ciertos materiales
- La **toxicidad**, especialmente cuando el producto a enfriar sea algún alimento, o cuando haya contacto con personas
- El **calor específico** que determina el caudal másico
- La **estabilidad a temperatura elevada**
- La **viscosidad**, incide en la energía de bombeo
- El **punto de congelación** de las salmueras
- La **tensión de vapor**

53

10.- Salmueras (III)

% en peso	Agua	Agua glicolada				
	0	10	20	30	40	50
Tª congelación (°C)	0	-3,2	-7,8	-14,1	-22,3	-33,8
Densidad (kg/m³)	1	1,02	1,03	1,05	1,06	1,08
Calor Específico (kJ/kg° C)	4,197	3,966	3,811	3,642	3,459	3,262
Conductividad Térmica (W/m²C)	0,582	0,528	0,486	0,447	0,411	0,377
Viscosidad dinámica (mPa s)	1,44	1,61	2,29	2,99	4,19	5,7

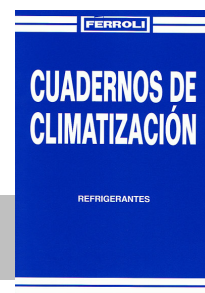
\uparrow % Glicol \Rightarrow
 $\left\{ \begin{array}{l} \downarrow T^a \text{ Cong.} \\ \uparrow \text{ Densidad} \\ \downarrow C_p \Rightarrow \text{hay que bombear más caudal} \\ \uparrow \mu \end{array} \right\} \Rightarrow \text{Energía de bombeo}$

54

Bibliografía del Tema (I)



Los Refrigerantes en las Instalaciones Frigoríficas
Ernesto Rodríguez



Cuadernos de Climatización. Refrigerantes
Ferrolí



ASHRAE HANDBOOKS (CD`s)
Fund.; Cap 19; 20; 21
Refrigeration; Cap 5; 7

Manuales (CD)
Kimikal



Bibliografía del Tema (II)



Comentarios al RITE 2007
IDAE

Revistas nacionales:

- El Instalador
- Montajes e Instalaciones



<http://www.carbuos.com/index.html>

http://www2.dupont.com/Refrigerants/es_ES/

<http://www.kimikal.es/presentacion.htm>

