

SOLUCIONES SOSTENIBLES CON MENOR IMPACTO AMBIENTAL

JOSE PEDRO GARCIA ESPINOSA
AEFYT - CHEMOURS



La minimización del impacto medioambiental de los gases fluorados pasa por una reducción de emisiones

TEWI: Consideración de las emisiones totales

BS EN 378-1:2016



Refrigerating systems and heat pumps — Safety and environmental requirements

Part 1: Basic requirements, definitions, classification and selection criteria

$$TEWI = GWP \times L \times n + [GWP \times m \times (1 - \alpha_{\text{recovery}})] + n \times E_{\text{annual}} \times \beta$$

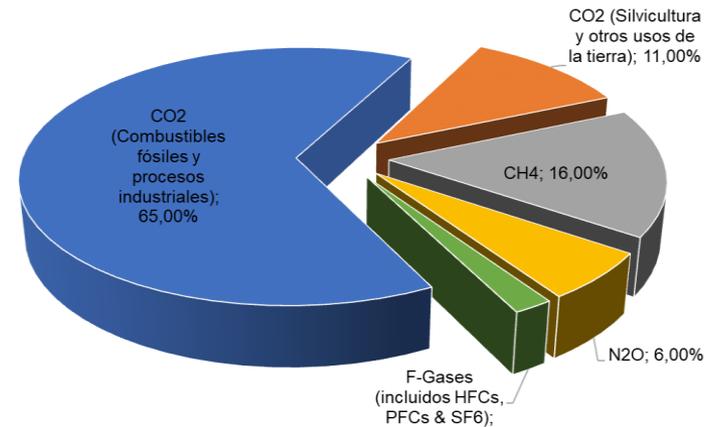
where

- $GWP \times L \times n$ is the impact of leakage losses;
- $GWP \times m \times (1 - \alpha_{\text{recovery}})$ is the impact of recovery losses;
- $n \times E_{\text{annual}} \times \beta$ is the impact of energy consumption

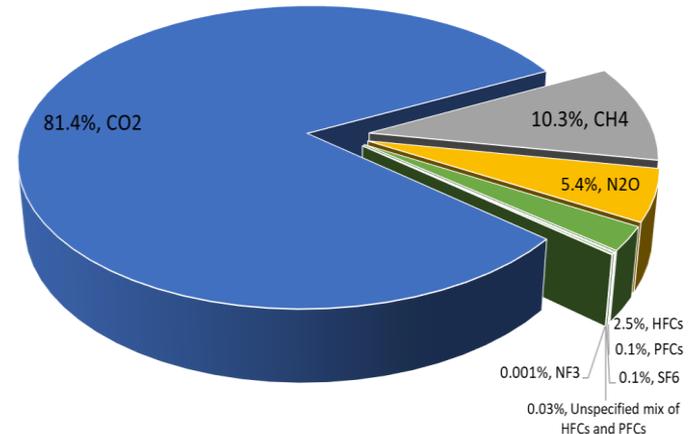
where

- TEWI is the total equivalent warming impact, in kg of CO₂;
- GWP is the global warming potential, CO₂-related;
- L is the leakage, in kg/y;
- n is the system operating time, in y;
- m is the refrigerant charge, in kg;
- α_{recovery} is the recovery/recycling factor, 0 to 1;
- E_{annual} is the energy consumption, in kW/y;
- β is the CO₂-emission, in kg/kWh.

Fuentes de gases de efecto invernadero



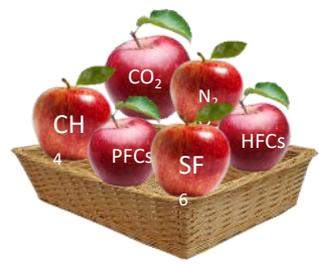
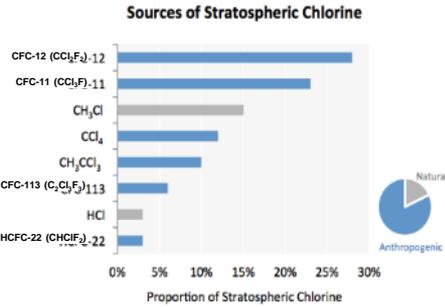
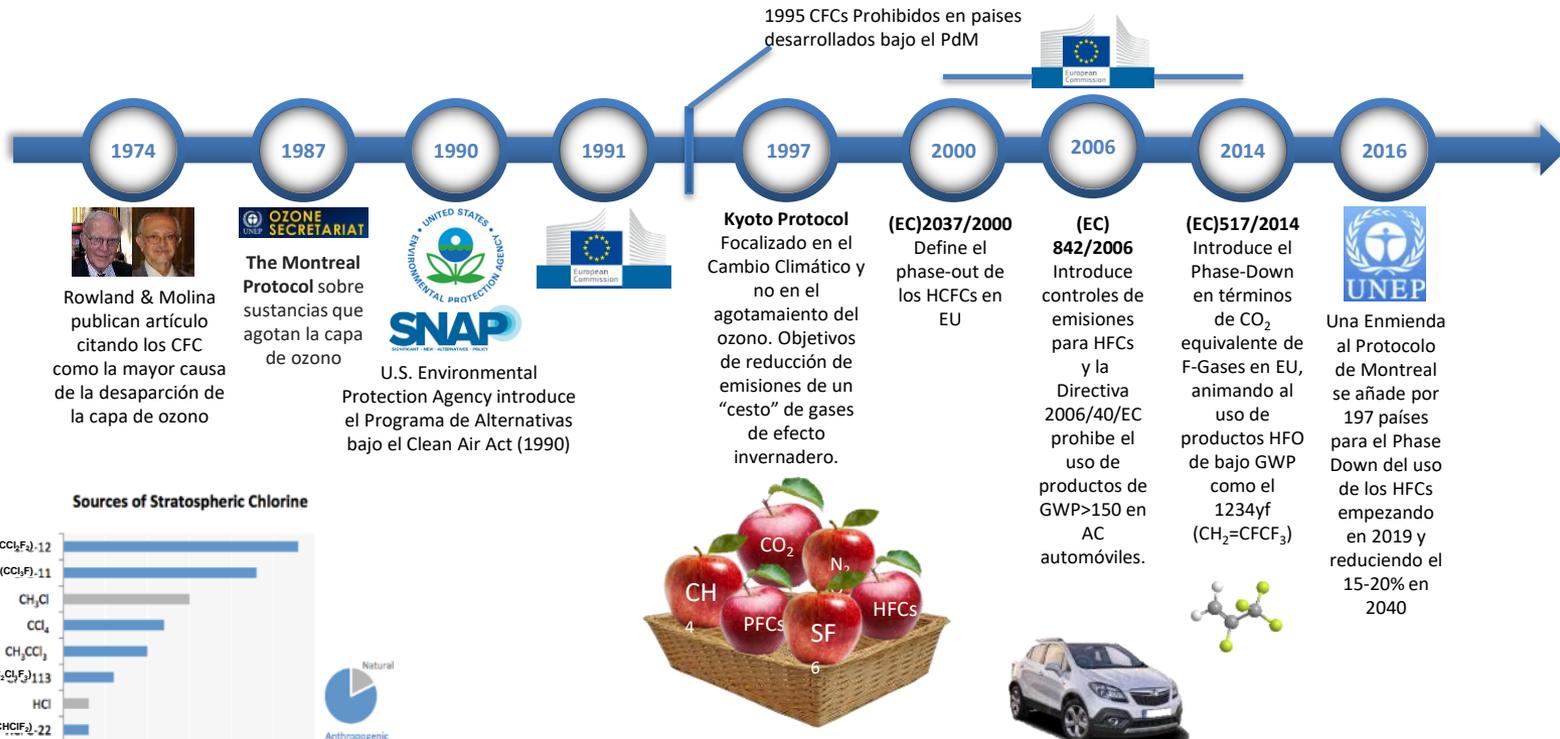
EMISIONES GLOBALES. Fuente: IPCC (2014)



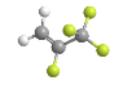
EUROPA. Fuente: EEA Report No 17/2018

EMISIONES DIRECTAS FLUORADOS: Cómo se reducen

Fluoroquímicos – 3 décadas de cambios regulatorios



HFCs como el R-134a (C₂H₂F₄)
PFCs como el R-116 (C₂F₆)



REGLAMENTO F-Gas 517/2014: Los Tres Pilares

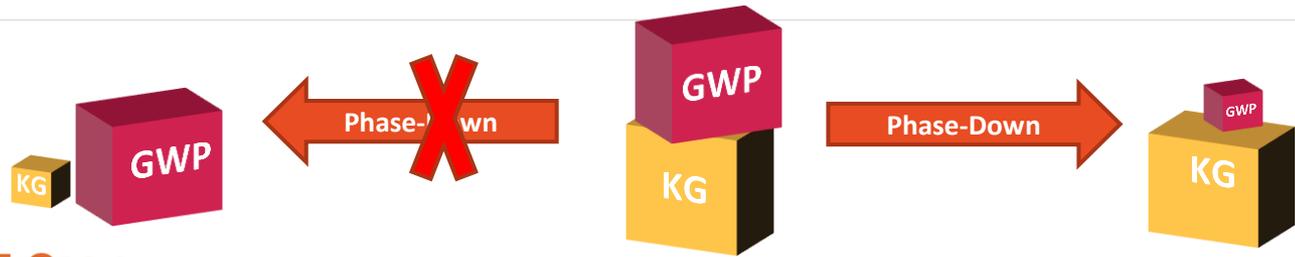
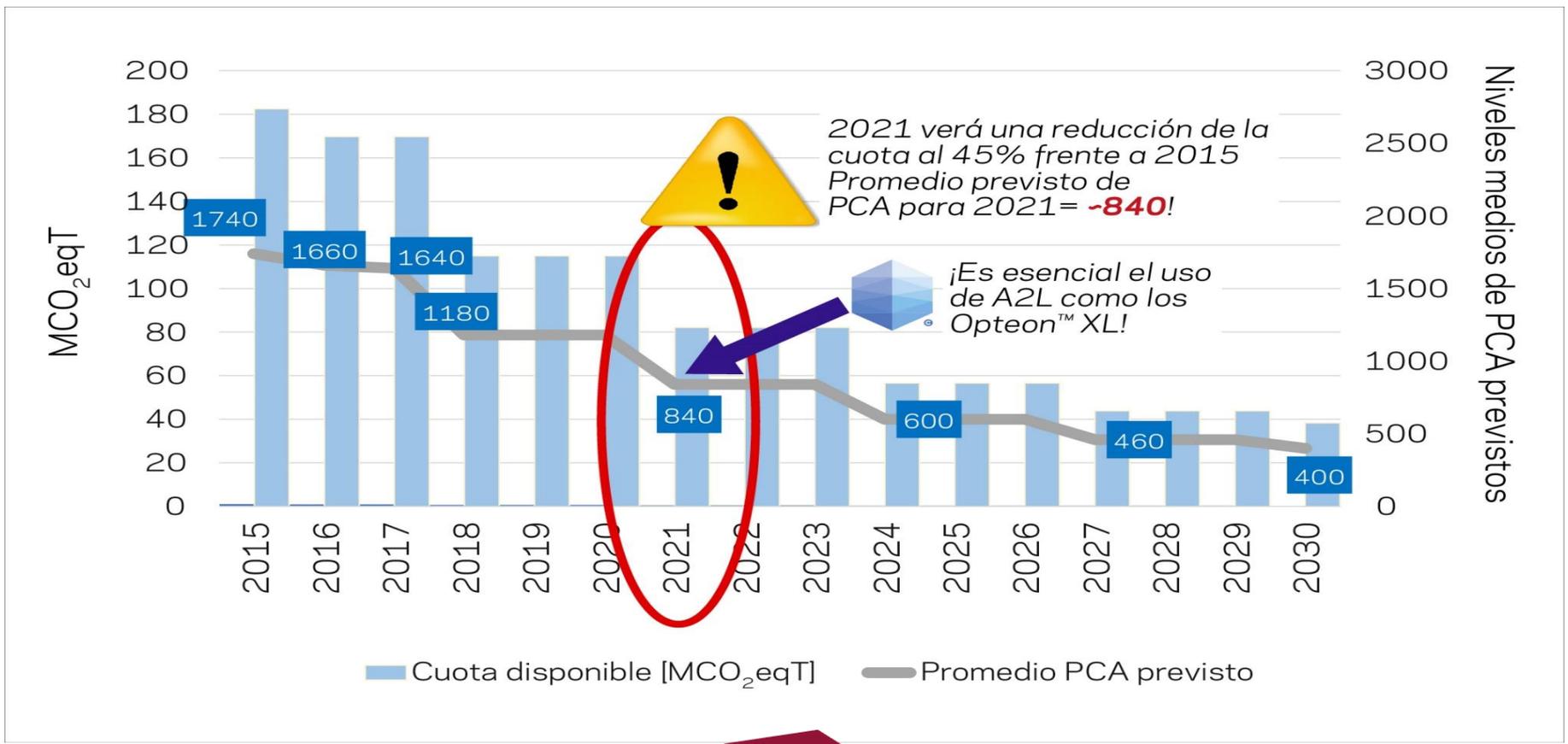
F-GAS II - (EC) 517/ 2014

NEW EQUIPMENT

SERVICE BANS

HFC PHASEDOWN

F-Gas: CO₂ Equivalente - Phase Down

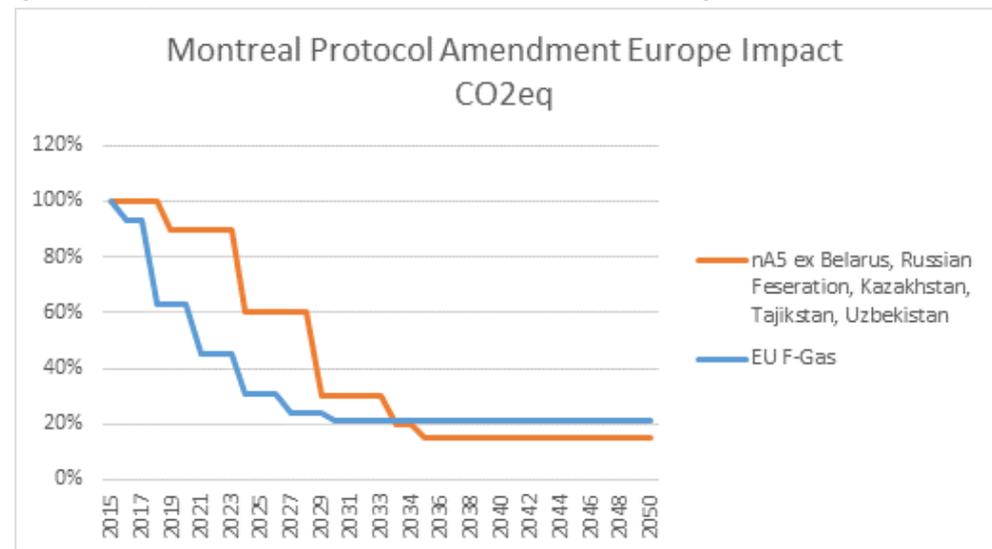


A NIVEL MUNDIAL

Protocolo de Montreal – Últimas enmiendas

ENMIENDAS DE KIGALI AL PROTOCOLO DE MONTREAL (14/10/2016): cómo afectan a Europa

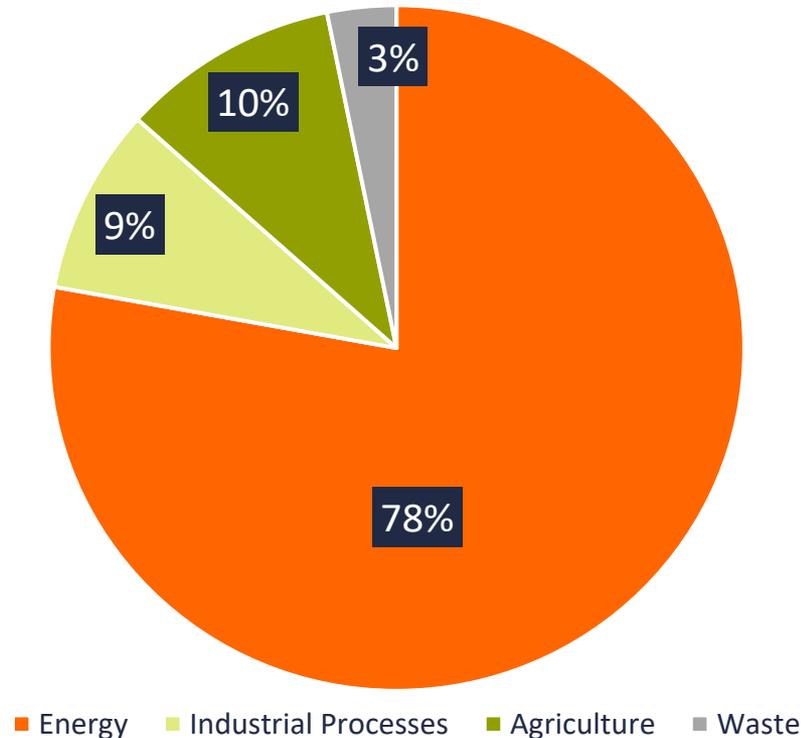
- Los **HFO's no están incluidos** en las sustancias controladas por la Enmienda.
- La Enmienda de los HFC's, al igual que en el caso de la F-Gas II, **es una disminución, no una desaparición.**
- Tendrá lugar en los próximos 20 años, la actual F-Gas II abarca 15 años desde 2015.
- En Europa, en principio, no hacen falta cambios adicionales superiores y más allá de las normas de la F-Gas hasta 2034.
- **Habrà revisiones tecnológicas** para asegurar que las Partes pueden conseguir las propuestas finales de la disminución.



EMISIONES INDIRECTAS: El mayor desafío

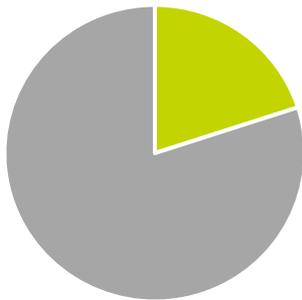
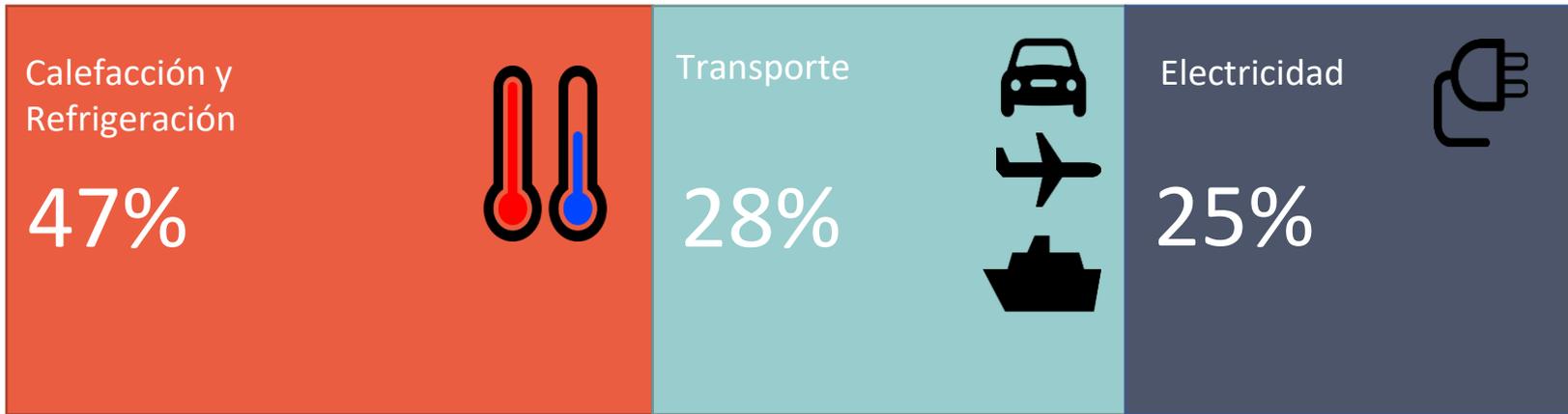
“CON REFRIGERANTES DE PCA MUY BAJO, LO MAS IMPORTANTE NO SERÁ EL EFECTO DE LA EMISIÓN DIRECTA SINO EL DE LA EMISIÓN INDIRECTA”

- La mayor parte de las emisiones europeas de gases de efecto invernadero (CO₂-eq) son debidas al consumo de energía
- Para obtener la neutralidad climática en 2050, es necesario considerar la reducción del consumo energético como una prioridad

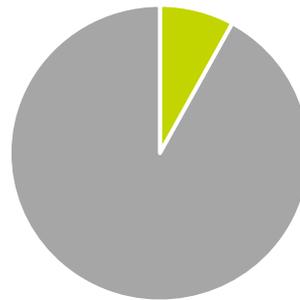


Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2017 and inventory report 2019, EEA

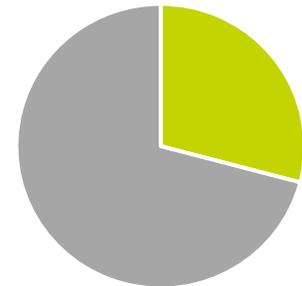
Calefacción y refrigeración representan cerca de la mitad del consumo energético europeo (ktoe)



20% Energía Renovable



8% Energía Renovable



32% Energía Renovable

EFICIENCIA ENERGÉTICA: clave en la reducción de las emisiones indirectas



EU Commission President Ursula von der Leyen: "We have to change the way we eat and heat"

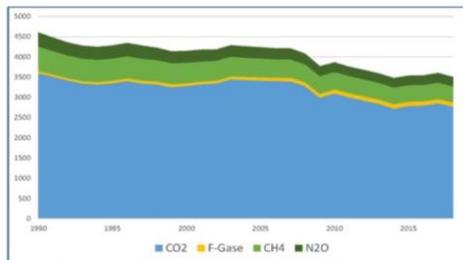


State of the Union, Sept. 2020

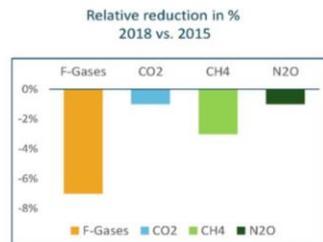


- By 2030, emissions will reduce by **> 44%** vs. 1990
- But without additional climate and energy legislation, emissions **will stabilise** post 2040
- By 2050, a reduction of around **60%** can currently be expected.

European Commission, Sept 2020: 2030 Climate Target Plan, Impact Assessment



F-gases are the only non-CO2 gas where emissions have substantially decreased since 2015



- Final energy consumption will reduce by at least **36%** (+4%)
- Share of renewables in gross final energy consumption will reach at least **38%** (+6%)
- Electricity will be based increasingly on renewables with at least **63%** (+8%)
- Heating and cooling will be based increasingly on renewables with at least **39%** (+6%)

Major resulting trends:

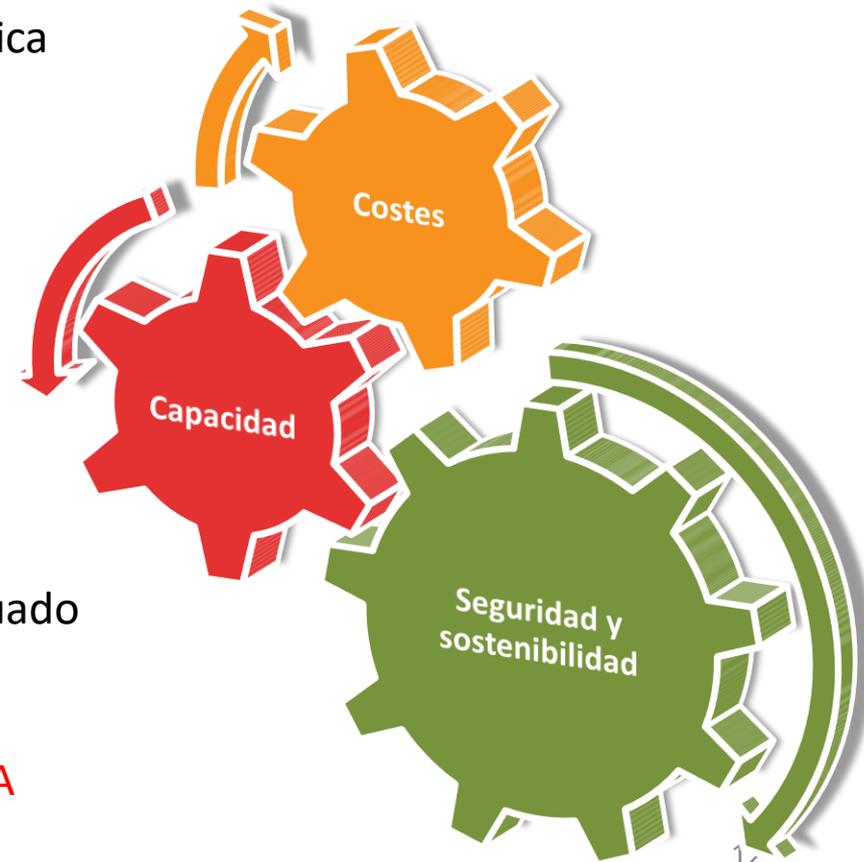
- Electrification of end use sectors**
 - Heating
 - Transport
 - Industry
- Energy Efficiency**
 - Deep renovation
 - Heating & Cooling
 - Waste heat recovery
 - BACS ...
- Flexibility**
 - Demand response
 - Storage

SOLUCIONES SOSTENIBLES CON MENOR IMPACTO AMBIENTAL: en refrigeración y climatización

SOLUCIONES SOSTENIBLES CON MENOR IMPACTO AMBIENTAL

¿QUÉ TIENE QUE CUMPLIR UN BUEN REFRIGERANTE?

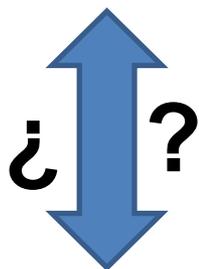
- COP, rendimiento/capacidad, eficiencia energética
- Temperatura de descarga media/baja (según aplicaciones)
- Buena miscibilidad con aceites
- Seguridad: presión baja, mínima inflamabilidad, nula toxicidad (personas y medioambiente)
- Compatibilidad con los materiales y coste adecuado tanto de inversión como de explotación
- **SEGURIDAD MEDIOAMBIENTAL: 0 ODP, Bajo PCA**



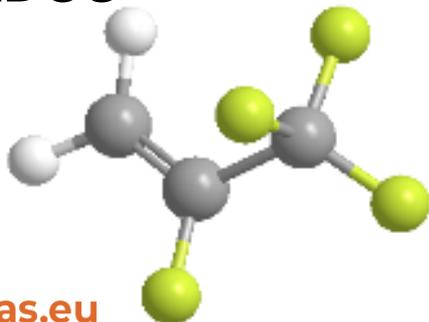
REFRIGERANTES: situación actual

¿QUÉ ELECCIONES TENEMOS?

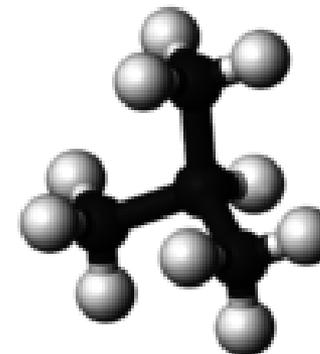
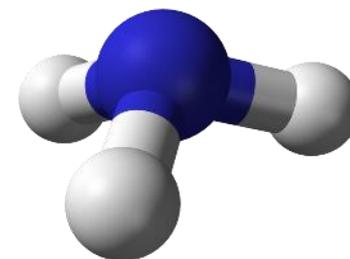
NO FLUORADOS



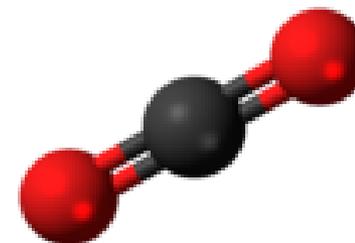
FLUORADOS



AMONIACO
HIDROCARBUROS
CO2



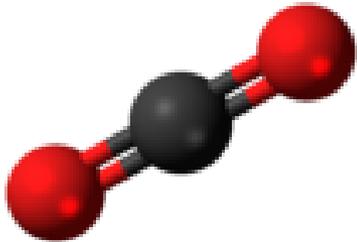
HFOs
HFCs
MEZCLAS



NO FLUORADOS: R-744 (CO₂)

VENTAJAS:

- PCA directo valor 1: bajas emisiones directas.
- Bajo coste del producto.
- Ya tenemos experiencia en su uso.
- Pueden alcanzarse rendimientos razonables, pero a costa de inversiones altas.



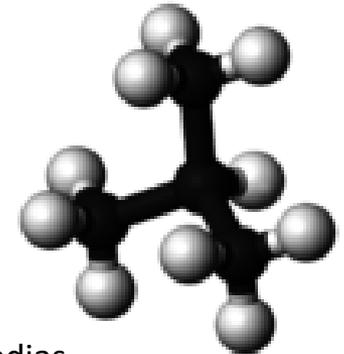
INCONVENIENTES:

- Sólo sistemas nuevos. No reconversión. No retrofit.
- Presión elevada.
- Ineficiente en climatologías de elevadas temperaturas aunque mejora poco a poco.
- Altas emisiones indirectas (mayor consumo energético en zonas cálidas)
- Poca introducción en climatización, excepto en sistemas de ACS y recuperación.
- Toxicidad
- Aún poca formación de instaladores.

USO ACTUAL

- Buena elección en supermercados equipos de baja temp en cascada con HFC para temp media (posible según F-Gas)
- 100% de sistemas CO₂ son complejos y costosos aunque van mejorando poco a poco en competitividad y consume energético.
- Buenos resultados en bomba de calor y en recuperación de energía

NO FLUORADOS: HCs (Hidrocarburos)



R600a (isobutano)

VENTAJAS:

- PCA directo bajo: bajas emisiones directas.
- Bajo coste del producto.
- Media eficiencia energética: emisiones indirectas medias.

R290

(Propano)

INCONVENIENTES:

- Sólo sistemas nuevos. No reconversión. No retrofit.
- INFLAMABILIDAD MUY ALTA. Clasificación A3.
- Uso muy restringido por su inflamabilidad a muy bajas cargas.
- Sistemas pequeños.

R1270

(Propileno)

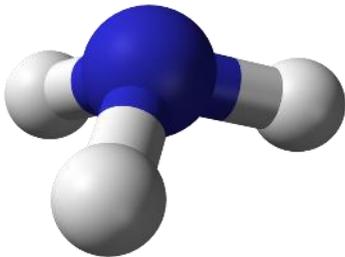
R170

(Etano)

USO ACTUAL

- Pequeños equipos domésticos y comerciales para refrigeración/congelación.
- Se está extendiendo su uso en pequeñas islas de grupo incorporado en supermercados
- Uso en enfriadoras y bombas de calor (A/C doméstico aún no en EU)
- Sistemas de muy baja temperatura como alternativa al R-23

NO FLUORADOS: R-717 (Amoníaco)



VENTAJAS:

- PCA directo bajo: bajas emisiones directas.
- Bajo coste del producto.
- Alta eficiencia energética: bajas emisiones indirectas.
- Muy extendido en Industria, sistemas de altas potencias.
- Mucha experiencia sobre su uso.

INCONVENIENTES:

- Sólo sistemas nuevos. No reconversion. No retrofit.
- TOXICIDAD + INFLAMABILIDAD. Clasificación B2L.
- Muchas restricciones para su uso en zonas con público.
- Incompatible con el Cobre.
- Instalaciones caras.

USO ACTUAL

- Sistemas de producción de frío en industrias, especialmente alimentaria.
- Grandes enfriadoras de agua industriales.
- Posibles enfriadoras de baja carga para uso semi-industrial y doméstico

FLUORADOS

CFC Cloro-Fluoro-Carbono

HCFC Hidro-Cloro-Fluoro-Carbono

HFC Hidro-Fluoro-Carbono

HFO Hidro-Fluoro-Olefina

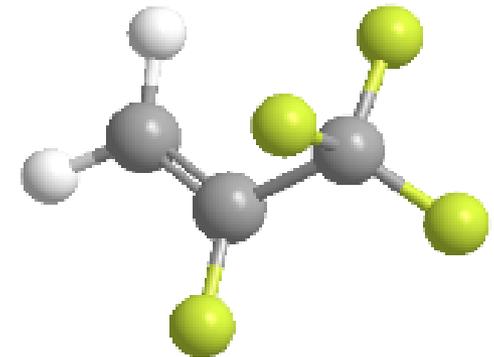
ELIMINADOS POR DAÑAR EL OZONO

ALTO/MEDIO GWP

MUY BAJO GWP: Bajas emisiones directas

HIDRO FLUORO OLEFINAS - Propiedades únicas:

- ✓ Estable dentro de la máquina - Inestable en la atmósfera = bajo PCA.
- ✓ Comportamiento similar a los HFC, sistemas muy conocidos.
- ✓ Compatibilidad con los materiales utilizados.
- ✓ Mantenimiento de la tecnología – Mínimos cambios en el equipo.
- ✓ Eficiente en prestaciones – Similar capacidad con menor consumo.
 - ✓ Bajas emisiones indirectas.
- ✓ Posible combinación con otras tecnologías.
- ✓ **Clasificaciones de seguridad diferentes (A2L)**



EL PRINCIPAL PROBLEMA DE LOS HFO ES SU INFLAMABILIDAD

Pero, ¿cómo DE INFLAMABLES SON?

	<u>Clasificación inflamabilidad</u>	<u>Ejemplos:</u>
Muy inflamable	3	Propano, Isobutano
Moderadamente inflamable	2	R-152a
<i>Ligeramente inflamable</i>	2L	R32 R1234yf, R1234ze
No inflamable	1	R-134a, R-410A

Para responder a la inflamabilidad 2L, la velocidad de combustión debe ser ≤ 10 cm / s

REFRIGERANTES FLUORADOS de bajo/muy bajo PCA HFO's y HFC's

Refrigerante	PCA*	Inflamabilidad**	Aplicación	Reemplaza
HFO-1234yf	4	2L	Automóvil y refrigeración (enfriadoras de agua)	R-134a
HFO-1234ze	7	2L	Enfriadoras de agua	R-134a
R-454C	148	2L	Sistemas para alta y baja temperatura	R-22, R-407C, R-404A
R-455A	148	2L	Sistemas para alta y baja temperatura	R-22, R-407C, R-404A
R-454A	239	2L	Pequeños sistemas no herméticos (frío positivo y negativo)	R-404A, R-507A, R-407A, R-407F
R-454B	466	2L	Aire acondicionado. Bombas de calor.	R-410A
R-32	675	2L	Aire acondicionado	R-410A
R-452B	698	2L	Aire acondicionado	R-410A

* Datos del 4º informe de evaluación del IPCC 4 (AR4) utilizados por la F-Gas y por el nuevo Reglamento de Seguridad de Instalaciones.

** ASHRAE inflamabilidad de clase 2L conforme a los códigos y normas en vigor, por ejemplo EN-378.

Normas de uso de los refrigerantes

Standard Type		International	Europe	United States
Refrigerant Classification		ISO 817	Follows ISO 817	ASHRAE 34 UL 2182
Safety in Use	General	ISO 5149	EN 378	ASHRAE 15
	Equipment Specific	IEC 60335-2-24 IEC 60335-2-40 IEC 60335-2-89	EN 60335-2-24 EN 60335-2-40 EN 60335-2-89	UL 207 UL 250 UL 471 UL 474 UL 484 UL 984 UL 1995 UL 60335-2-40

Normas de uso de los refrigerantes: RSIF

Tabla A. Requisitos de límite de carga para refrigerantes basados en su toxicidad



BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO



Núm. 256

Jueves 24 de octubre de 2019

Sec. I. Pág. 116775

I. DISPOSICIONES GENERALES

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

15228 Real Decreto 552/2019, de 27 de septiembre, por el que se *Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus técnicas complementarias.*

La Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria, establece en su artículo 1.º que los Reglamentos de Seguridad Industrial de ámbito estatal se aprobarán por el G.º de la Nación, sin perjuicio de que las Comunidades Autónomas con competencia sobre industria, puedan introducir requisitos adicionales sobre las mismas materias que se trate de instalaciones radicadas en su territorio.

El Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus técnicas complementarias.

Inflamabilidad

Alta inflamabilidad	A3	B3
	A2	B2
Baja inflamabilidad	A2L	B2L
	A1	B1
No propaga llama	Baja toxicidad	Alta toxicidad

Toxicidad

Tabla B. Requisitos de límite de carga para sistemas de refrigeración basados en la inflamabilidad

Categoría de inflamabilidad	Categoría del local por accesibilidad	Tipo de ubicación de los sistemas			
		1	2	3	4
2L	A	Confort humano	Según apéndice 3 pero no superior a $m_2^a \times 1,5$ o según apéndice 4 pero no superior a $m_3^b \times 1,5$		Sin límite de carga ^c
		Otras aplicaciones	20% x LII x volumen del local pero no más de $m_2^a \times 1,5$ o según apéndice 4 y no superior a $m_3^b \times 1,5$		
	B	Confort humano	Según apéndice 3 pero no superior a $m_2^a \times 1,5$ o según apéndice 4 pero no superior a $m_3^b \times 1,5$		
		Otras aplicaciones	20% x LII x volumen del local pero no más de $m_2^a \times 1,5$ o según apéndice 4 y no superior a $m_3^b \times 1,5$	20% x LII x volumen del local y no más de 25 kg ^c o según apéndice 4 pero no más de $m_3^b \times 1,5$	
	C	Confort humano	Según apéndice 3 pero no superior a $m_2^a \times 1,5$ o según apéndice 4 pero no superior a $m_3^b \times 1,5$		
		Otras aplicaciones	20% x LII x volumen del local pero no más de $m_2^a \times 1,5$ o según apéndice 4 y no superior a $m_3^b \times 1,5$	20% del LII x volumen del local y no más de 50 kg ^c o según apéndice 4 y no más de $m_3^b \times 1,5$	
2	A	Confort humano	Según apéndice 3 pero no más de m_2^a		Sin restricciones ^c
		Otras aplicaciones	20% x LII x volumen del local pero máximo m_2^a		
	B	Confort humano	Según apéndice 3 pero no más de m_2^a		
		Otras aplicaciones	20% x LII x volumen del local pero máximo m_2^a		
	C	Confort humano	Según apéndice 3 pero no más de m_2^a		
		Otras aplicaciones	Sótanos: 20% x LII x volumen del local pero máximo m_2^a Plantas superiores: 20% del LII x volumen del local pero máx 10 kg ^c	20% del LII x volumen del local pero máx 25 kg ^c	

a) $m_2 = 26 \text{ m}^3 \times \text{LII}$

b) $m_3 = 130 \text{ m}^3 \times \text{LII}$

c) Para aire exterior aplicar límite de toxicidad por volumen del local punto 3.3.2 de IF-04 y para salas de máquinas IF-07

CATEGORIA DE TOXICIDAD	CATEGORIA DEL LOCAL POR ACCESIBILIDAD	TIPO DE UBICACIÓN DE LOS SISTEMAS			
		1	2	3	4
A	A	Límite toxicidad x volumen del local o apéndice 4			
	B	Plantas superiores sin salidas de emergencia o sótanos	Límite toxicidad x volumen del local o apéndice 4	Sin límites de carga (a)	Sin límites de carga (a)
		Otros	Sin límites de carga (a)		
	C	Plantas superiores sin salidas de emergencia o sótanos	Límite toxicidad x volumen del local o apéndice 4		
Otros		Sin límites de carga (a)			
	A	Para sistemas de absorción o adsorción sellados: límite de toxicidad x volumen del local o sistemas: local		ix. 25 kg	Sin límites de carga (a)
				s de carga	
				ix. 25 kg	
				s de carga	
				ix. 25 kg	ra salas de máquinas IF-07

¡Gracias por su atención!
Agradecimentos para sua atenção!
Merci pour votre attention!
Thanks for you attention!

www.KET4F-Gas.eu



[#SUDOE5 #KET4FGas](https://twitter.com/SUDOE5)



[#interregsudoe #KET4FGas](https://www.facebook.com/interregsudoe)



Cooperar está en tus manos

www.interreg-sudoe.eu