

# GASES DE EFECTO INVERNADERO

## Potenciales de calentamiento atmosférico

GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI <sub>i</sub> ) i		Símbolo químico	Masa molecular	Potencial Calentamiento Atmosférico (PCA <sub>i</sub> )
Dióxido de carbono	1	CO <sub>2</sub>	44	1
Metano	2	CH <sub>4</sub>	16	21
Oxido nitroso	3	N <sub>2</sub> O	30	310
Hidrofluorocarbonos (HFC)	4	HFC 23	70	11700
	5	HFC 125	120	2800
	6	HFC 134a	102	1300
	7	HFC 152a	66	140
Perfluorocarbonos (PFC)	8	CF <sub>4</sub>	88	6500
	9	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	138	9200
Hexafluoruro de azufre	10	SF <sub>6</sub>	146	23900

# Medida de las emisiones

$$t\text{CO}_2e = t\text{GEI}_i \cdot \text{PCA}_i$$

$$t\text{CO}_2e = \sum_i^n t\text{GEI}_i \cdot \text{PCA}_i$$

Unidades en el Protocolo de Kioto (en tco<sub>2</sub>e)

<b>RCE</b>	<b>Reducción Certificada de Emisiones</b>	<b>MDL</b>
<b>URE</b>	<b>Unidad de Reducción de Emisiones</b>	<b>AC</b>
<b>UDA</b>	<b>Unidad de Absorción</b>	<b>LULUCF</b>
<b>UCA</b>	<b>Unidad de Cantidad Atribuida</b>	<b>CE</b>

# Cálculo de las emisiones (I)

**j:** n° de actividad de proyecto;

**i:** n° de identificación de GEI

**n:** n° de actividades de proyecto ; **n<sub>j</sub>** : n° de GEI de la actividad j

**FE<sub>j,i</sub>**: Factor de emisión del combustible j del GEI-i

**FE<sub>j</sub>** : Factor de emisión total del combustible j

**E:** Emisiones de GEI

$$FE_j = \sum_i^{n_j} FE_{j,i} \cdot PCA_i$$

$$E = \sum_j^n Q_j \cdot FE_j = \sum_j^n Q_j \cdot \sum_i^{n_j} FE_{j,i} \cdot PCA_i$$

# Factores de emisión

F E [tCO <sub>2</sub> /TJ]			
<b><u>Combustibles sólidos:</u></b>		<b><u>Combustibles líquidos:</u></b>	
Antracita	98.3	Crudo	73.3
Carbón de coque	94.6	Fuel oil	77.4
Hulla	94.6	Diesel oil	74.1
Carbones sub-bituminosos	96.1	Gasolinas	69.3
Lignito	101.2	Querosenos (aviación)	71.5
Turba	106	Otros querosenos	71.9
<b><u>Combustibles gaseosos:</u></b>		GLP	63.1
Gas natural	56.1	GLN	63.1
Metano	55.1	Etano	61.6
Gas de refinería	66.7	Nafta	73.3
Gas de horno de coque	108/47	Asfaltos	80.7
Gas de horno alto	24.2	Lubricantes	80.7
		Coque de petróleo	100.8
		Materia prima refinería	73.3
		Orimulsión	80.7

# Cálculo de las emisiones (II)

**Proceso con una fuente de varios GEI:  $n = j = 1; n_j = n_1; i = 1, 2, \dots$**

$$FE = \sum_i FE_i \cdot PCA_i$$

$$E = Q \cdot FE = Q \cdot \sum_i FE_i \cdot PCA_i$$

**Proceso con dos fuentes de un GEI:  $n = 2; j = 1, 2; n_j = 1$**

$$E = Q_1 \cdot FE_{1,1} + Q_2 \cdot FE_{2,1}$$

**Nota: Se supone CO2 como único GEI ( $i = 1$ )**

# Cálculo de las emisiones (III)- Ejemplos

- **Ejemplo 1º : Emisión de GEI en motores de camiones pesados**

**Combustible: Diesel oil**

**Producción de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. n = 1; j = 1; n<sub>1</sub>=3**

**IPCC FE en g / km:**

$$FE_1 = 1097; FE_2 = 0.06; FE_3 = 0.031$$

$$FE = tCO_2/km + (tCH_4/km) * PCA_2 + (t N_2O /km)* PCA_3 =$$
$$(1027+0,06*21+0.031*310)*10^{-6} = 1,1 * 10^{-3} tCO_2e/km$$

# Cálculo de las emisiones (IV): Ejemplos

- **Ejemplo 2º : Emisión de GEI en calderas**

**Combustible: Fuel oil**

**Producción de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O. n = 1; j = 1; n<sub>1</sub>=3**

**IPCC FE en tGEI/TJ:**

$$FE_1 = 77.4 \text{ t CO}_2 \text{ /TJ}; FE_2 = 0.003 \text{ t CH}_4 \text{ /TJ}; FE_3 = 0.0006 \text{ t N}_2\text{O/TJ}$$

$$FE = FE_1 * 0,99 + FE_2 * PCA_2 + FE_3 * PCA_3 = 77,4 * 0,99 + 3 * 10^{-3} * 21 + 0,6 * 10^{-3} * 310 = 76,88 \text{ tCO}_2\text{e/TJ}$$

- **Emisión debida a la combustión de 1000 l de fuel oil:**

**Densidad: 0,89 10<sup>-6</sup> 10<sup>3</sup>t/l; Poder calorífico: 40,19 TJ/10<sup>3</sup>t**

$$Q = 1000 \text{ l} * 0,89 \text{ 10}^{-6} \text{ 10}^3\text{t/l} * 40,19 \text{ TJ/10}^3\text{t} = 0,04 \text{ TJ}$$

$$E = FE * Q = 2,75 \text{ tCO}_2\text{e}$$

# Base de referencia de un Sistema eléctrico

$$E_{\text{red}} = \sum_k^n Q_k \cdot FE_k \qquad Q_{\text{red}} = \sum_k^n Q_k$$

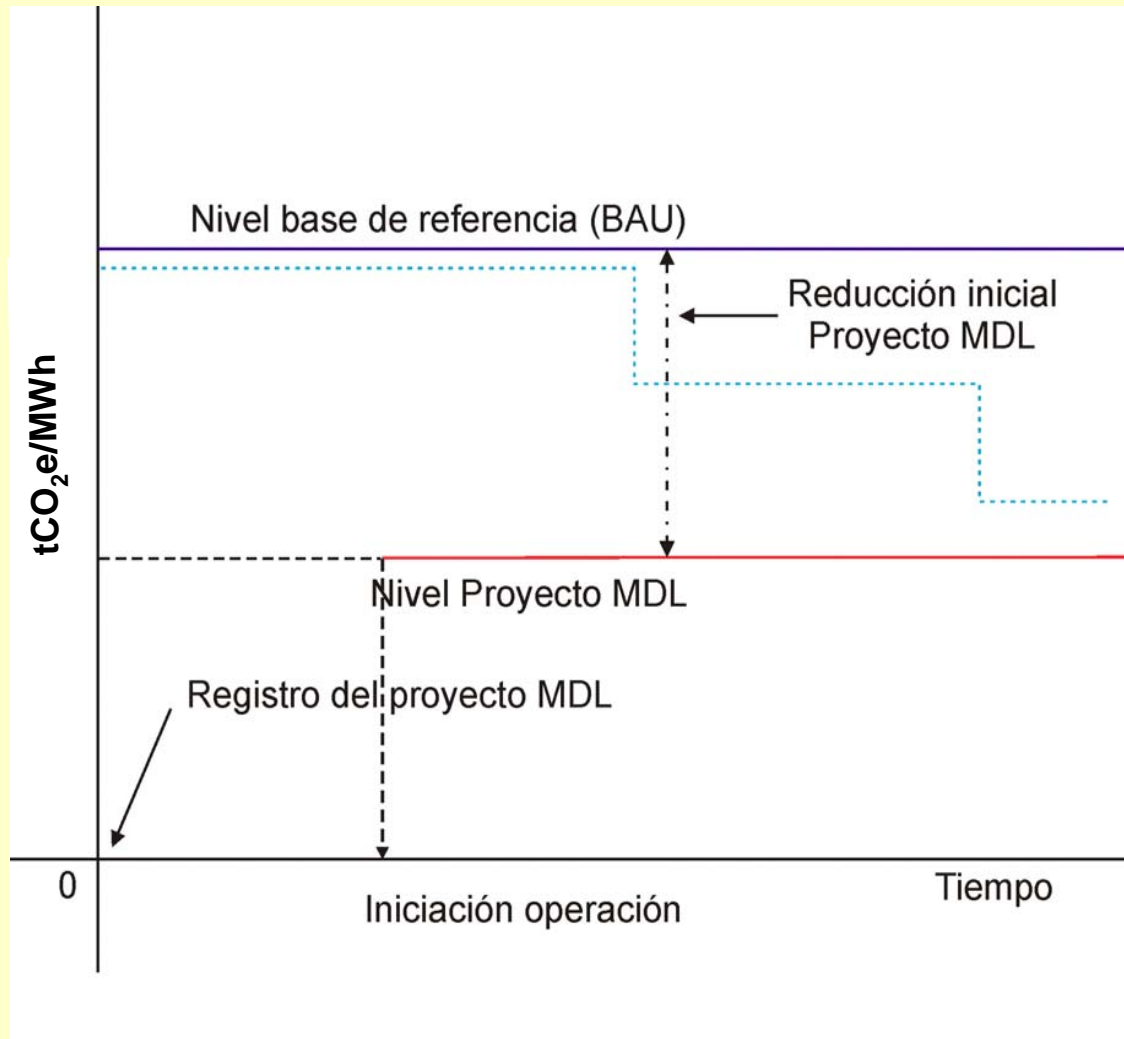
$$FE_{\text{red}} = \sum_k^n Q_k \quad FE_k / \sum_k^n Q_k$$

$Q_k$  : Generación eléctrica Central k

$FE_k$  : Emisiones Central k

n : Número de Centrales del Sistema

# Adicionalidad de un Proyecto MDL



# Margen de operación de un Sistema eléctrico

$$E_{mo} = \sum_j^{n_{com}} G_j \cdot FE_j$$

$$Q_{mo} = \sum_k^{n_{mo}} Q_k$$

$$FE_{mo} = \frac{E_{mo}}{Q_{mo}} = \frac{\sum_j^{n_{com}} G_j \cdot FE_j}{\sum_k^{n_{mo}} Q_k}$$

# Margen de construcción de un Sistema eléctrico

**Hipótesis:** La CT MDL sustituye a una CT de gas natural y ciclo combinado, de rendimiento y consumo  $G_2$

$$E_{mc} = G_2 \cdot FE_2$$

$$Q_2 = \eta \cdot G_2$$

$$FE_{mc} = \frac{E_{mc}}{Q_2} = \frac{3.6 \cdot FE_2}{\eta} = \frac{202}{\eta}$$

Se define el **factor de emisión combinado** como la media ponderada entre los márgenes de operación y construcción:

$$FE = w_1 FE_{mop} + w_2 FE_{mc} ; \quad w_1 + w_2 = 1$$

# Ejemplo de metodologías de base de referencia y vigilancia. AM 0001/versión 02

Título del proyecto: *HFC Decomposition Project in Ulsan*

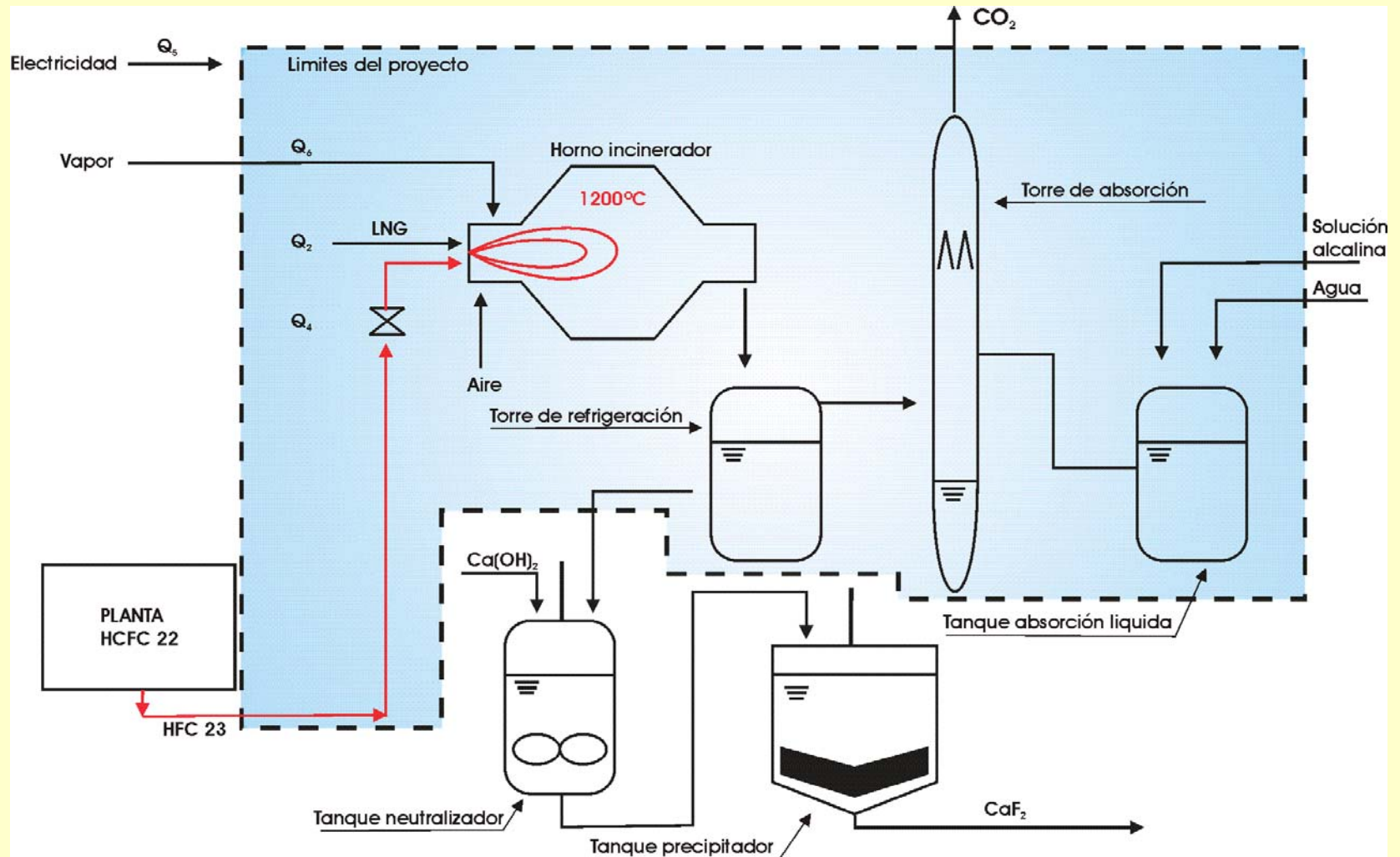
La actividad del proyecto: Destrucción del hidrofluorocarbono HFC 23 ( $i = 4$ ) por incineración a  $1200^{\circ} \text{C}$ .

El HFC 23 es un subproducto de la fabricación del Hidroclorofluorocarbono HCFC 22.

Como resultado de la incineración se produce  $\text{CO}_2$  por oxidación del HFC 23 y por la combustión del gas natural.  
(Dos fuentes)

# Proceso destrucción HFC 23

AM 0001/versión 02



# Metodología de base de referencia (I)

## AM 0001/versión 02

Fuentes j	GEI	GEI i	Flujo anual $Q_i$ [t/a]	PCA <sub>i</sub> [tCO <sub>2</sub> e/t GEI]	FE <sub>j,i</sub>
1	HFC 23 (CHF <sub>3</sub> )	4	$Q_4$ $Q_4'$	11700	44/70= 0.6286
2	CH <sub>4</sub>	2	$Q_2$	21	44/16= 2.75
	CO <sub>2</sub>	1	$Q_1$	1	

Valores operacionales estimados:  $Q_4=120$  t/a;  $Q_4'=0$  t/a;  $Q_2=100$  t/a  
 $Q_5=73$  MWh/a;  $Q_6=320$  t/a

Valor operacional calculado:  $Q_1= RE = 1403545.4$  tCO<sub>2</sub>e

# Metodología de base de referencia (II)

## AM 0001/versión 02

### Reducción de emisiones:

$$RE = \overline{EP} - \overline{EB} - EP - EE$$

$$\overline{EP} - \overline{EB} = (Q_4 - Q_4') * PCA_4 = 11700 * 120 = 1404000 \text{ tCO}_2\text{e}$$

$$EP = (Q_4 - Q_4') * FE_{1,1} + Q_2 * FE_{2,1} = 120 * 0.6286 + 100 * 2.75 = 350.4 \text{ tCO}_2\text{e}$$

$$EE = Q_5 * FE_{\text{red}} + Q_6 * FE_{2,1} = 73 * 0.77 + 320 * 0.15 = 104.2 \text{ tCO}_2\text{e}$$

$$RE = Q_1 = 1404000 - 350.4 - 104.2 = 1403545.4 \text{ tCO}_2\text{e}$$

# Metodología de base de referencia (III)

## AM 0001/versión 02

### Reducción de emisiones: a) según Guía, Sección 3.8=

$$RE = (Q_4 - Q_4') * (PCA_4 - FE_{1,1}) - Q_2 * FE_{2,1} - Q_5 * FE_{red} - Q_6 * FE_{2,1}$$

### b) según JE

$$ER_y = (Q_{HFC23y} - B_{HFC23y}) * GWP_{HFC23} - Q_{NGy} * E_{NGy} - Q_{HFC23y} * EF - Q_{F1,y} * E_{F1,y} - Q_{F2,y} * E_{F2,y}$$

$Q_4 = Q_{HFC23y}$ : Destrucción HFC 23 en el proyecto

$Q_4' = B_{HFC23y}$ : Destrucción HFC 23 en la base de referencia

$Q_2 = Q_{NGy}$ : Consumo anual de gas natural; NG: Gas Natural

$Q_5 = Q_{F1,y}$ : Consumo anual de electricidad;  $F_1$ : Electricidad

$Q_6 = Q_{F2,y}$ : Consumo anual de vapor;  $F_2$ : Vapor

$FE = E = EF$ : Factor de emisión

$PCA_i = GWP_{i}$ : Potencial de calentamiento atmosférico

# Metodología de base de VIGILANCIA

## AM 0001/versión 02

- La metodología de vigilancia se basa en la medición continua de la cantidad destruida anualmente de HFC 23 ( $Q_4$ ), y de las energías utilizadas en el proceso de incineración: Gas Natural ( $Q_2$ ), electricidad ( $Q_5$ ), y vapor ( $Q_6$ ) – Opción 2-.
- La reducción de emisiones es prácticamente proporcional a  $Q_4$ .
- El CC se basa en una doble medición del flujo de HFC 23 con dos caudalímetros de precisión que son calibrados semanalmente y en la comprobación mensual por muestreo de la pureza del HFC 23 mediante cromatografía de gases.
- Se comprueba anualmente la producción de HFC 23, con sus ventas y destrucciones.
- La reducción de emisiones se calcula según se indica en la metodología de la base de referencia utilizando los factores de emisión y los potenciales de calentamiento atmosféricos publicados por el IPCC.