



MECANISMO PARA LA MITIGACIÓN VOLUNTARIA DE EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO PARA COLOMBIA

Componente 3 - Diseño e Implementación de un Programa para Promover
las Actividades Voluntarias de Mitigación y Compensación Corporativas e
Institucionales

FACTORES DE EMISIÓN CONSIDERADOS EN LA HERRAMIENTA DE CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO CORPORATIVA

Versión 4

Consultor:
JUAN BERNARDO CARRASCO LEAL
Ingeniero Civil - Esp. Ambiental

Julio de 2015



FACTORES DE EMISIÓN CONSIDERADOS EN LA HERRAMIENTA DE CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO CORPORATIVA

TABLA DE CONTENIDO

1. GASES DE EFECTO INVERNADERO	1
2. FACTORES DE EMISIÓN	4
2.1 FACTORES DE EMISIÓN PARA COMBUSTIBLES	4
2.2 FACTOR DE EMISIÓN PARA LA ENERGÍA ELÉCTRICA.....	5
2.3 FACTORES DE EMISIÓN PARA PROCESOS INDUSTRIALES	7
2.4 FACTORES DE EMISIÓN PARA ACTIVIDADES AGROPECUARIAS.....	9
2.5 FACTORES DE EMISIÓN PARA TRATAMIENTO DE RESIDUOS.....	12
2.6 FACTORES DE EMISIÓN PARA USO DE SUELO	14
2.7 FACTORES DE EMISIÓN PARA TRANSPORTE	15
3. POLÍTICAS DE RECALCULO DE LA HUELLA DE CARBONO CORPORATIVA	17
4. BIBLIOGRAFÍA	18

FACTORES DE EMISIÓN CONSIDERADOS EN LA HERRAMIENTA DE CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO CORPORATIVA

A continuación se presentan las fuentes utilizadas para la definición de los factores de emisión implementados en la herramienta desarrollada por la CAEM, para el cálculo de la Huella de Carbono Corporativa, de las empresas que serán vinculadas al Componente 3 *“Diseño e implementación de un programa para promover las actividades voluntarias de mitigación y compensación corporativas e institucionales”*, que se desarrolla dentro del marco del proyecto *“MECANISMO PARA LA MITIGACIÓN VOLUNTARIA DE EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO PARA COLOMBIA”*, que cuenta con el apoyo del BID (Banco Interamericano de Desarrollo) y el GEF (Global Environment Facility).

1. GASES DE EFECTO INVERNADERO

En el Cuadro 1 se mencionan los principales GEI definidos en el Anexo A del Protocolo de Kyoto¹, con su respectivo Potencial de Calentamiento Global, en términos de CO₂ equivalente.

Cuadro 1. Principales Gases de Efecto Invernadero – GEI y Su Potencial de Calentamiento Global para un Horizonte de 100 Años

GAS DE EFECTO INVERNADERO - GEI		POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL (para obtener CO ₂ e multiplicar por)	
		IPCC 1995 ²	IPCC 2007 ³
Dióxido de Carbono	CO ₂	1	1
Metano	CH ₄	21	25
Óxidos Nitroso	N ₂ O	310	298
Hexafluoruro de Azufre	SF ₆	23.900	22.800

¹ Es un protocolo de la CMNUCC Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, y un acuerdo internacional que tiene por objetivo reducir las emisiones de seis gases de efecto invernadero que causan el calentamiento global. 1998.

² Corresponde a los factores de emisión del Segundo Informe de Evaluación del IPCC: Cambio climático 1995 (SAR por sus siglas en inglés)

³ Corresponde a los factores de emisión del Cuarto Informe de Evaluación del IPCC: Cambio climático 2007 (AR4 por sus siglas en inglés)

GAS DE EFECTO INVERNADERO - GEI		POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL (para obtener CO ₂ e multiplicar por)	
		IPCC 1995 ²	IPCC 2007 ³
Hidrofluorocarbonados	HFC's	140 - 11.700	3 – 14.800
Perfluorocarbonados	PFC's	6.500 – 9.200	7.390 – 12.200

Fuente: Global Warming Potentials. www.ghgprotocol.org

En el Cuadro 2 se relacionan los GEI asociados a los diferentes sectores productivos.

Cuadro 2. Gases de Efecto Invernadero Generados por los Sectores Productivo

SECTOR PRODUCTIVO	FUENTE DE EMISIÓN DE GEI	GEI					
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆
Institucional	Consumo de combustibles fósiles	X	X	X			
	Consumo de refrigerantes				X		
	Consumo de energía eléctrica	X	X	X			
Transporte	Consumo de combustibles fósiles	X	X	X			
	Consumo de refrigerantes				X		
	Consumo de energía eléctrica	X	X	X			
Industrial	Consumo de combustibles fósiles	X	X	X			
	Consumo de refrigerantes				X		
	Consumo de energía eléctrica	X	X	X			
	Consumo de aislante térmico						X
	Procesos fisicoquímicos	X	X	X		X	
	Tratamiento de aguas residuales y lodos		X				
Agropecuario	Consumo de combustibles fósiles	X	X	X			
	Consumo de refrigerantes				X		
	Consumo de energía eléctrica	X	X	X			
	Fermentación entérica		X	X			
	Manejo de estiércol		X				
	Uso de fertilizante sintético			X			
	Quemas de residuos agrícolas		X	X			
Residuos	Consumo de combustibles fósiles	X	X	X			
	Consumo de refrigerantes				X		
	Consumo de energía eléctrica	X	X	X			
	Residuos sólidos dispuestos en tierra		X				

SECTOR PRODUCTIVO	FUENTE DE EMISIÓN DE GEI	GEI					
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆
	Tratamiento de aguas residuales		X				
Uso de Suelo, Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura	Consumo de combustibles fósiles	X	X	X			
	Quema de biomasa	X	X	X			

Fuente: Adaptado de IDEAM 2010

2. FACTORES DE EMISIÓN

Los factores de emisión son herramientas que permiten estimar la cantidad de emisiones de un determinado contaminante, generada por la fuente en estudio.

2.1 FACTORES DE EMISIÓN PARA COMBUSTIBLES

La Unidad de Planeación Minero Energética – UPME ha desarrollado para Colombia factores de emisión para combustibles líquidos, sólidos y gaseosos. Sin embargo, la unidad en que están dados los factores de emisión por parte de la UPME es kgCO₂ e/TJ, por lo que es necesario convertirlos en las unidades respectivas, utilizando la siguiente fórmula:

$$FE_{\text{combustible}} = FECOC \times LHV \times \rho \times fc$$

Donde:

FE_{combustible}: Factor de emisión del combustible en la unidad respectiva
 FECOC: Factor de emisión de los combustibles colombianos de la UPME (kgCO₂ e/TJ)
 LHV: Poder calorífico inferior del combustible, según UPME
 P: Densidad del combustible
 Fc: Factor de conversión de unidades

En el Cuadro 3 se presentan los factores de emisión para los combustibles colombianos convertidos a las unidades comerciales. Para el caso de la densidad se utilizaron los datos suministrados por el Sistema de Gestión de Emisiones Atmosféricas (SIGEA) de Ecopetrol.

Cuadro 3. Factores de Emisión para los Combustibles Colombianos

TIPO DE COMBUSTIBLE	COMBUSTIBLE	FACTOR DE EMISIÓN kg CO ₂ e/TJ	PODER CALORÍFICO INFERIOR MJ/kg	DENSIDAD (kg/m ³)	FACTOR DE EMISIÓN kg CO ₂ e/Gal
Líquido	ACPM	74869	42.37	869.94	10.45
	Combustóleo	80570	39.28	1020.68	12.23
	Crudo de Castilla	77956	40.60	945.55	11.33
	Diesel Genérico	73920	42.67	869.94	10.39
	Gasolina Genérico	74570	42.44	742.08	8.89
	Kerosene Col.	74077	42.73	833.99	9.99
	Kerosene Genérico	74825	42.35	833.99	10.00
	Oil Crude	79019	39.64	960.00	11.38

TIPO DE COMBUSTIBLE	COMBUSTIBLE	FACTOR DE EMISIÓN kg CO ₂ e/TJ	PODER CALORÍFICO INFERIOR MJ/kg	DENSIDAD (kg/m ³)	FACTOR DE EMISIÓN kg CO ₂ e/kg
Sólido	Bagazo	62615	26.91	No Aplica	1.68
	Carbón Genérico	97257	25.23		2.45
	Fibra Palma de Aceite	94114	20.49		1.93
	Leña	80895	22.78		1.84
	Madera – Genérico	107708	10.72		1.15
Gaseoso	Biogás Central	84627	23.30	No Aplica	1.97
	Coke Gas D	43646	17.67		0.77
	Gas Domaci	55101	33.80		1.86
	Gas Líquido D	65528	108.55		7.11
	Gas Natural Genérico	55101	33.80		1.86
	LNG Genérico	55101	33.80		1.86
	LPG Genérico	65528	108.55		7.11
	LPG Propano	66254	123.88		8.21
	Oil Gas	60707	44.07		2.68

Fuente: Adaptado de FECOC. www.siam.gov.co

De acuerdo a lo recomendado por el IPCC, es recomendable preparar los inventarios de Gases de Efecto Invernadero con los factores de emisión locales (del país); razón por la cual se considera que los factores de emisión más adecuados para los combustibles, son los definidos por la Unidad de Planeación minero Energética - UPME, a través del FECOC.

2.2 FACTOR DE EMISIÓN PARA LA ENERGÍA ELÉCTRICA

El factor de emisión para la energía eléctrica varía de acuerdo a la participación de las diferentes fuentes de generación de energía, que pueden ser: hidroeléctrica y termoeléctrica. Para determinar el factor de emisión se propone considerar las siguientes fuentes de información:

- **Agencia Internacional de Energía – IEA**

La energía eléctrica que se consume en los sectores productivos es adquirida del Sistema Interconectado Nacional – SIN. La Agencia Internacional de Energía – IEA (por sus siglas en inglés) establece un factor de emisión asociado al consumo de energía adquirida para cada uno de los años comprendidos entre el período 1990 a 2011.

En las estadísticas del año 2011 la EIA estableció que para los años posteriores al 2011 el factor de emisión debía corresponder al promedio de los últimos 3 años, esto es 2007 a 2009, cuyo valor era de **0.136 kgCO₂e/kWh⁴** ; posteriormente en las estadísticas del año 2013, recomendo para los años posteriores utilizar el promedio de los últimos los años 2009 a 2011, cuyo valor es **0.153 kgCO₂ e/kWh⁵** (Véase Cuadro 4).

Cuadro 4. Factor de Emisión para la Energía Eléctrica Adquirida según EIA

AÑO	FACTOR DE EMISIÓN (kgCO ₂ e/kWh)
2007	0.127
2008	0.107
2009	0.176
Promedio 2007 - 2009	0.136
2009	0.176
2010	0.176
2011	0.108
Promedio 2009 - 2011	0.153

Fuente: Agencia Internacional de Energía. www.iea.org.

• Unidad de Planeación Minero Energética

El Ministerio de Minas y Energía mediante la Resolución 180947 del 24 de junio de 2010, adopta el factor de emisión correspondiente al año 2008, de **0.290 kgCO₂ e/kWh**, para el cálculo de las reducciones de emisiones de Gases de Efecto Invernadero – GEI, para las proyectos de generación de energía eléctrica que se encuentran conectados al Sistema Interconectado Nacional. Aunque el factor de emisión definido por la Resolución 180947 es más conservador, hace referencia exclusiva al año 2008 y presenta limitaciones relacionadas con la variación de la participación de los diferentes tipos de generación eléctrica para cada año.

Recientemente la Unidad de Planeación Minero Energética desarrolló una calculadora de emisiones de Gases de Efecto invernadero, dentro de la cual establece como factor de emisión por el consumo de energía eléctrica adquirida un valor de **0.199 kgCO₂e/kWh⁶**.

⁴ “IEA Statistics – Edition 2011. CO₂ Emissions From Fuel Combustion. Highlights”. www.iea.org.

⁵ “IEA Statistics – Edition 2013. CO₂ Emissions From Fuel Combustion. Highlights”. www.iea.org.

⁶ Calculadora FECOC 2015. UPME.

http://www.upme.gov.co/Calculadora_Emisiones/aplicacion/calculadora.html#collapseFour

2.3 FACTORES DE EMISIÓN PARA PROCESOS INDUSTRIALES

El IPCC contempla una serie de industrias que dentro de su proceso de transformación de materias primas en productos finales, generan GEI. Para esta guía se consideran procesos de extracción de carbón, producción de coque, cemento y la producción de algunos productos químicos, como son: cal viva, cal dolomítica y amoníaco. También se incluyen los factores de emisión para el tratamiento de aguas residuales industriales y el tratamiento de lodos de las PTAR.

En el Cuadro 5 se presentan los factores de emisión para los procesos industriales mencionados anteriormente.

Cuadro 5. Factores de Emisión para Procesos Industriales

PROCESOS INDUSTRIALES		FACTOR DE EMISIÓN	
		CANTIDAD	UNIDAD
Extracción de Carbón - Subterráneo	IPCC 1995	262.41	kgCO ₂ e/Ton
	IPCC 2007	312.39	
Extracción de Carbón - Cielo Abierto	IPCC 1995	17.59	kgCO ₂ e/Ton
	IPCC 2007	20.94	
Producción de coque	IPCC 1995	10.5	kgCO ₂ e/Ton
	IPCC 2007	12.5	
Producción de cemento (Cinca)		507.1	kgCO ₂ e/Ton
Producción de Cal Viva		790	kgCO ₂ e/Ton
Producción de Cal Dolomítica		910	kgCO ₂ e/Ton
Producción de Amoníaco		1,500	kgCO ₂ e/Ton
Tratamiento de residuos líquidos	IPCC 1995	4.73	kgCO ₂ e/kgDQO
	IPCC 2007	5.63	
Tratamiento de lodos	IPCC 1995	4.73	kgCO ₂ e/kgDQO
	IPCC 2007	5.63	

Fuente: Adaptado de Directrices del IPCC para los Inventarios de GEI. 1996. www.ipcc.ch

Los factores de emisión de la producción de cemento, cal viva, cal dolomítica y amoníaco, se obtuvieron directamente del Módulo Procesos Industriales de las Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996.

Para el determinar el factor de emisión para la extracción de carbón se utiliza la siguiente fórmula de cálculo:

$$FE_{ec} = FE_{CH_4} * FC * PCG_{CH_4}$$

Donde:

- FEec: Factor de emisión para la extracción de carbón.
 FECH₄: Factor de emisión para CH₄ en m³/Ton carbón (Tabla I-5 Módulo Energía. Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996. Se utilizó el promedio de los valores recomendados).
 FC: Factor de conversión (0.67 Gg/10⁶ m³).
 PCG: Potencial de Calentamiento Global del metano, según Cuadro 1.

Para el determinar el factor de emisión para la producción de coque se utiliza la siguiente fórmula de cálculo es:

$$FEc = FECH_4 \times PCG_{CH_4}$$

Donde:

- FEc: Factor de emisión para la producción de coque.
 FECH₄: Factor de emisión para CH₄ procedente de la fabricación de coque (0.25 kgCH₄/Tonelada de producción). Tabla 2-9 Módulo Procesos Industriales. Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996.
 PCG_{CH₄}: Potencial de Calentamiento Global del Metano, según Cuadro 1.

Para el determinar el factor de emisión para el tratamiento de las aguas residuales industriales se utiliza la siguiente fórmula de cálculo:

$$FE_{ARI} = CMP_{CH_4} * FC_{CH_4} * PCG_{CH_4}$$

Donde:

- FE_{ARI}: Factor de emisión para tratamiento de las aguas residuales industriales.
 CMP_{CH₄}: Capacidad máxima de producción de metano en las aguas residuales industriales (el valor por defecto es 0.25 kgCH₄/kgDBO₅, según IPCC).
 FC_{CH₄}: Factor de corrección para el metano (el valor por defecto es 0.9, según IPCC).
 PCG_{CH₄}: Potencial de Calentamiento Global del metano, según Cuadro 1.

Para el determinar el factor de emisión para la producción de lodos orgánicos en el tratamiento de las aguas residuales industriales se utiliza la siguiente fórmula de cálculo:

$$FE_{LRI} = CMP_{CH_4} * FC_{CH_4} * PCG_{CH_4}$$

Donde:

- FE_{LRI} : Factor de emisión para la producción de lodos orgánicos en el tratamiento de las aguas residuales industriales.
- CMP_{CH_4} : Capacidad máxima de producción de metano en los lodos orgánicos producidos en el tratamiento de las aguas residuales industriales (el valor por defecto es $0.25 \text{ kgCH}_4/\text{kgDBO}_5$, según IPCC).
- FC_{CH_4} : Factor de corrección para el metano (el valor por defecto es 0.9, según IPCC).
- PCG_{CH_4} : Potencial de Calentamiento Global del metano, según Cuadro 1.

2.4 FACTORES DE EMISIÓN PARA ACTIVIDADES AGROPECUARIAS

El IPCC contempla como fuentes de emisión de GEI en las actividades agropecuarias, la fermentación entérica, el manejo de estiércol y la quema de residuos agrícolas, entre otros

En el Cuadro 6 se presentan los factores de emisión para las actividades agropecuarias mencionadas anteriormente.

Cuadro 6. Factores de Emisión para Actividades Agropecuarias

ACTIVIDAD AGROPECUARIA		FACTOR DE EMISIÓN ($\text{kgCO}_2/\text{cabeza}$)	
		IPCC 1995	IPCC 2007
Fermentación Entérica	Ganado vacuno lechero	1,197	1,425
	Ganado vacuno no lechero	1,029	1,225
	Búfalos	1,155	1,375
	Ovejas	105	125
	Cabras	105	125
	Caballos	378	450
	Mulas y Asnos	210	250
	Cerdos	21	25
Manejo de Estiércol	Ganado No Lechero - Clima Frío	406.8	395.9
	Ganado No Lechero - Clima Templado	406.8	395.9
	Ganado No Lechero - Clima Cálido	406.8	395.9
	Ganado Lechero - Clima Frío	245.5	236.0
	Ganado Lechero - Clima Templado	266.5	261.0
	Ganado Lechero - Clima Cálido	287.5	286.0
	Aves de Corral - Clima Frío	2.7	2.7
	Aves de Corral - Clima Templado	2.8	2.8
	Aves de Corral - Clima Cálido	2.9	2.9

ACTIVIDAD AGROPECUARIA	FACTOR DE EMISIÓN (kgCO ₂ /cabeza)	
	IPCC 1995	IPCC 2007
Ovejas - Clima Frío	119.0	114.9
Ovejas - Clima Tempaldo	120.3	116.4
Ovejas - Clima Cálido	121.3	117.6
Cerdos Almacenamiento Sólido y Parcelas Secas - Clima Frío	79.5	76.4
Cerdos Almacenamiento Sólido y Parcelas Secas - Clima Tempaldo	100.5	101.4
Cerdos Almacenamiento Sólido y Parcelas Secas - Clima Cálido	121.5	126.4
Cerdos Otros Sistemas de Manejo del Estiércol - Clima Frío	15.6	15.0
Cerdos Otros Sistemas de Manejo del Estiércol - Clima Templado	36.6	40.0
Cerdos Otros Sistemas de Manejo del Estiércol - Clima Cálido	57.6	65.0
Búfalos - Clima Frío	406.8	395.9
Búfalos - Clima Templado	406.8	395.9
Búfalos - Clima Cálido	427.8	420.9
Cabras - Clima Frío	388.1	373.6
Cabras - Clima Templado	389.4	375.1
Cabras - Clima Cálido	390.4	376.4
Caballos - Clima Frío	408.7	398.1
Caballos - Clima Templado	420.3	411.9
Caballos - Clima Cálido	431.6	425.4
Mulas y Asnos - Clima Frío	398.4	385.9
Mulas y Asnos - Clima Templado	404.7	393.4
Mulas y Asnos - Clima Cálido	410.8	400.6
Ganado No Lechero - Clima Frío	406.8	395.9
Uso de Fertilizantes Sintéticos	3.49	3.35
Quema de Residuos Agrícolas	0.06	0.07

Fuente: Adaptado de Directrices del IPCC para los Inventarios de GEI. 1996. www.ipcc.ch

Para el determinar el factor de emisión para la fermentación entérica se utiliza la siguiente fórmula de cálculo:

$$FE_{fe} = FE_{CH_4} * PCG_{CH_4}$$

Donde:

- FE_{fe} : Factor de emisión para la fermentación entérica.
- $FECH_4$: Factor de emisión para CH_4 procedente de la fermentación entérica del ganado en $kgCH_4/cabeza/año$ (Tablas 4-2 y 4-3 Módulo Agricultura. Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996).
- PCG_{CH_4} : Potencial de Calentamiento Global del metano, según Cuadro 1.

Para el determinar el factor de emisión para el manejo del estiércol se utiliza la siguiente fórmula de cálculo:

$$FE_{me} = (FECH_4 * PCG_{CH_4}) + (N_{Exc} * SME * FEN_2O * 44 / 28 * PCG_{N_2O})$$

Donde:

- FE_{me} : Factor de emisión para el manejo del estiércol.
- $FECH_4$: Factor de emisión para CH_4 por el manejo del estiércol en $kgCH_4/cabeza/año$ (Tablas 4-4 y 4-5 Módulo Agricultura. Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996. Se utilizaron los valores para los países en desarrollo y para los 3 climas: frío, templado y cálido).
- PCG_{CH_4} : Potencial de Calentamiento Global del metano, según Cuadro 1.
- N_{Exc} : Excreción de nitrógeno por tipo de animal $kgN/animal/año$ (Tabla 4-6 Módulo Agricultura. Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996).
- SME : Fracción de nitrógeno de acuerdo a los sistemas de manejo de estiércol según tipo de animal (Tabla 4-7 Módulo Agricultura. Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996).
- FEN_2O : Factor de emisión de N_2O según sistema de manejo de estiércol en kgN_2O/kgN_{Exc} (Tabla 4-8 Módulo Agricultura. Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996).
- PCG_{N_2O} : Potencial de Calentamiento Global del N_2O , según Cuadro 1.

Para el determinar el factor de emisión para el uso de fertilizantes sintéticos se utiliza la siguiente fórmula de cálculo:

$$FE_{FS} = N_{fert} * (1 - Frac_{GASF}) * FE_i * PCG_{N_2O}$$

Donde:

- FE_{FS} : Factor de emisión para el uso de fertilizantes sintéticos.

$\text{Frac}_{\text{GASF}}$: Fracción del fertilizante sintético que se emite como $\text{NO}_x + \text{NH}_3$ (el valor por defecto es $0.1 \text{ kg NO}_x + \text{NH}_3/\text{kg N}$, según IPCC).

FE_i : Factor de emisión para N_2O del aporte de nitrógeno (el valor por defecto es $0.0125 \text{ kg N}_2\text{O}/\text{kg N}$, según IPCC).

$\text{PCG}_{\text{N}_2\text{O}}$: Potencial de Calentamiento Global del óxido nitoroso, según Cuadro 1.

Para el determinar el factor de emisión para la quema de residuos agrícolas se utiliza la siguiente fórmula de cálculo:

$$\text{FE}_{\text{qra}} = (\text{Praq} * \text{FO} * \text{CTL} * \text{TECH}_4 * \text{PCG}_{\text{CH}_4}) + (\text{Praq} * \text{FO} * \text{CTL} * \text{NC} * \text{TEN}_{\text{N}_2\text{O}} * \text{PCG}_{\text{N}_2\text{O}})$$

Donde:

FE_{qra} : Factor de emisión para la quema de residuos agrícolas.

Praq : Cantidad de residuos agrícolas quemados en kg.

FO : Fracción oxidada (por defecto es 0.9 según IPCC).

CTL : Carbono total liberado (por defecto es 0.5, según IPCC).

TECH_4 : Tasa de emisión para CH_4 por la quema de residuos agrícolas (0.005, según Tabla 4-16 Módulo Agricultura. Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996.

PCG_{CH_4} : Potencial de Calentamiento Global del metano, según Cuadro 1.

NC : Relación nitrógeno carbono (por defecto es 0.015, según promedio de valores recomendados por el IPCC).

$\text{TEN}_{\text{N}_2\text{O}}$: Tasa de emisión para N_2O por la quema de residuos agrícolas (0.007, según Tabla 4-16 Módulo Agricultura. Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996.

$\text{PCG}_{\text{N}_2\text{O}}$: Potencial de Calentamiento Global del óxido nitroso, según Cuadro 1.

2.5 FACTORES DE EMISIÓN PARA TRATAMIENTO DE RESIDUOS

El IPCC contempla como fuentes de emisión de GEI la disposición de residuos sólidos en tierra, el tratamiento de las aguas residuales y lodos orgánicos.

En el Cuadro 7 se presentan los factores de emisión relacionados con el manejo y tratamiento de los residuos.

Cuadro 7. Factores de Emisión para Tratamiento de Residuos

PROCESOS DE TRATAMIENTO RS		FACTOR DE EMISIÓN (kgCO ₂ /kg RS)	
		IPCC 1995	IPCC 2007
Disposición de residuos sólidos	Vertedero controlado	10.78	12.83
	No controlado profundo (≥ 5 m)	8.62	10.27
	No controlado poco profundo (< 5 m)	4.31	5.13
PROCESOS DE TRATAMIENTO ARD		FACTOR DE EMISIÓN (kgCO ₂ /persona)	
		IPCC 1995	IPCC 2007
Tratamiento de aguas residuales domésticas		61.32	73.00

Fuente: Adaptado de Directrices del IPCC para los Inventarios de GEI. 1996. www.ipcc.ch

Para el determinar el factor de emisión para el tratamiento de residuos se utiliza la siguiente fórmula de cálculo:

$$FE_{DRS} = FC_{CH_4} * COD * FCL * FE_{CH_4} * 16/12 * FC * PCG_{CH_4}$$

Donde:

- FE_{DRS} : Factor de emisión para disposición de residuos sólidos.
- FC_{CH_4} : Factor de corrección para el metano (Tabla 6-2 Módulo Desperdicios. Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996).
- COD : Carbono orgánico degradable (por defecto es 0.77, según IPCC).
- FCL : Fracción de carbono liberado como metano (por defecto es 0.5, según IPCC).
- FC : Factor de corrección para la oxidación del metano (el valor por defecto es 1, según IPCC).
- PCG_{CH_4} : Potencial de Calentamiento Global del metano, según Cuadro 1.

Para el determinar el factor de emisión para el tratamiento de las aguas residuales domésticas se utiliza la siguiente fórmula de cálculo:

$$FE_{ARD} = CO_{DBO_5} * CMP_{CH_4} * FC_{CH_4} * PCG_{CH_4}$$

Donde:

- FE_{ARD} : Factor de emisión para tratamiento de las aguas residuales domésticas.
- CO_{DBO_5} : Componente orgánico degradable en las aguas residuales domésticas (14.6 kgDBO₅/persona, según Tabla 6-5 Módulo Desperdicios Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996).

CMP_{CH_4} : Capacidad máxima de producción de metano en las aguas residuales domésticas (el valor por defecto es $0.25 \text{ kgCH}_4/\text{kgDBO}_5$, según IPCC).

FC_{CH_4} : Factor de corrección para el metano (el valor por defecto es 0.8, según IPCC).

PCG_{CH_4} : Potencial de Calentamiento Global del metano, según Cuadro 1.

2.6 FACTORES DE EMISIÓN PARA USO DE SUELO

El IPCC contempla como fuentes de emisión de GEI el uso de madera como leña y la quema de biomasa, entre otras.

En el Cuadro 8 se presentan los factores de emisión relacionados con el uso de suelo, cambio de uso de suelo y silvicultura.

Cuadro 8. Factores de Emisión Asociados con el Uso de Suelo, Cambio del Uso de Suelo y Silvicultura

PROCESOS		FACTOR DE EMISIÓN	
		CANTIDAD	UNIDAD
Consumo de Leña como Combustible		1.84	$\text{kgCO}_2 \text{ e/kg}$
Consumo de Madera – Genérico como Combustible		1.15	$\text{kgCO}_2 \text{ e/kg}$
PROCESOS		FACTOR DE EMISIÓN $\text{kgCO}_2/\text{Ha quemada}$	
		IPCC 1995	IPCC 2007
Quema de Biomasa	Bosque tropical	265.97	269.16
	Bosque Boreal mezcla de latifoliada y coníferas	112.60	113.94
	Coníferas	119.69	121.12
	Bosque - Tundra	24.82	25.12

Fuente: Adaptado de Directrices del IPCC para los Inventarios de GEI. 1996. www.ipcc.ch

Los factores de emisión para consumo de leña y de madera, corresponde a los mismos que están mencionados en el Cuadro 3.

Para el determinar el factor de emisión para la quema de biomasa se utiliza la siguiente fórmula de cálculo:

$$FE_{qb} = (MS * FBO * FCB * 44/12) + (MS * FBO * FCB * NC * TEN_2O * PCG_{N_2O}) + (MS * FBO * FCB * TECH_4 * PCG_{CH_4})$$

Donde:

FE_{qb} : Factor de emisión para la quema de biomasa.

- MS: Materia seca en la biomasa (Tablas 5-3 y 5-4 Módulo Cambio del Uso de la Tierra y Silvicultura. Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996).
- FBO: Fracción de biomasa oxidada (el valor por defecto es 0.9, según IPCC).
- FCB: Fracción de carbono en la biomasa (el valor por defecto es 0.5, según IPCC).
- NC: Relación nitrógeno carbono (el valor por defecto es 0.01, según IPCC).
- TEN₂O: Tasa de emisión para N₂O por la quema de residuos agrícolas (0.007, Tabla 5-5 Módulo Cambio del Uso de la tierra y Silvicultura. Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996).
- PCG_{N2O}: Potencial de Calentamiento Global del óxido nitroso, según Cuadro 1.
- TECH₄: Tasa de emisión para CH₄ por la quema de residuos agrícolas (0.012, según Tabla 5-5 Módulo Cambio del Uso de la tierra y Silvicultura. Directrices del IPCC para los Inventarios de Gases de Efecto invernadero. Versión Revisada en 1996).
- PCG_{CH4}: Potencial de Calentamiento Global del metano, según Cuadro 1.

2.7 FACTORES DE EMISIÓN PARA TRANSPORTE

Otra forma de estimar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero asociadas al transporte terrestre, aéreo o marítimo de carga, es a partir de factores de emisión relacionados con el tipo de transporte (automotor, aeronave o embarcación), la carga transportada y la distancia recorrida. Una de las fuentes de información es el Laboratorio Nacional del Departamento de Energía de la Oficina de Eficiencia Energética y Energía Renovable de Estados Unidos – NREL (por sus siglas en inglés), la cual ha definido los factores de emisión que se presentan en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Factores de Emisión Asociados al Transporte de Pasajeros y de Carga

PROCESOS	FACTOR DE EMISIÓN	
	CANTIDAD	UNIDAD
Transporte aéreo de carga ⁷	1.05	kgCO ₂ e/ton*km
Transporte marítimo de carga ⁸	0.0144	kgCO ₂ e/ton*km
Transporte terrestre de carga ⁹	0.0782	kgCO ₂ e/ton*km

⁷ <https://www.lcacommons.gov/nrel/process/show/53610?qlookup=&max=35&hfacet=%22Air+Transportation%2FScheduled+Freight+Air+Transportation%22%7C%22Air+Transportation%2FScheduled+Freight+Air+Transportation%22&hfacetCat=&loc=&year=&dtype=&crop=&index=1&numfound=1&offset>

⁸ <https://www.lcacommons.gov/nrel/process/show/55514?qlookup=&max=35&hfacet=%22Water+Transportation%2FDeep+Sea+Freight+Transportation%22%7C%22Water+Transportation%2FInland+Water+Freight+Transportation%22&hfacetCat=%22Water+Transportation%22&loc=&year=&dtype=&crop=&index=5&numfound=6&offset>

⁹ <https://www.lcacommons.gov/nrel/process/show/53984?qlookup=&max=35&hfacet=%22Truck+Transportation%2FGeneral+Freight+Trucking%22&hfacetCat=%22Truck+Transportation%22&loc=&year=&dtype=&crop=&index=13&numfound=102&offset>

Para la estimación de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero por el transporte aéreo de pasajeros, se recomienda utilizar la calculadora desarrollada por la Organización de Aviación Civil Internacional – ICAO (por sus siglas en inglés), cuyo cálculo lo asocia a la ciudad de origen y ciudad de destino, clase de pasajero (económica o ejecutiva), número de pasajeros y tipo de trayecto (ida o ida y vuelta). Para esto se podrá acceder directamente a la calculadora al siguiente link:

<http://www.icao.int/ENVIRONMENTAL-PROTECTION/CarbonOffset/Pages/default.aspx>

3. POLÍTICAS DE RECALCULO DE LA HUELLA DE CARBONO CORPORATIVA

El recalculation de las emisiones de Gases de efecto invernadero – GEI del año base, se debe realizar cuando se presentan cambios estructurales y metodológicos¹⁰:

- Cuando ocurren cambios estructurales significativos durante la mitad de algún año en particular, las emisiones del año base deben de ser recalculadas para el año completo, y no sólo con respecto a lo que restaría del período de reporte después de ocurrido el cambio estructural. Esto evita la necesidad de recalcular de nuevo las emisiones del año base el siguiente año. De la misma manera, deben de ser recalculadas las emisiones para el año en curso, con el fin de guardar consistencia con respecto al recálculo de las emisiones del año base. Si no es posible hacer el recálculo de las emisiones durante el año que ocurre el cambio estructural (por falta de información, por ejemplo), este debe llevarse a cabo en el año subsiguiente.
- Las emisiones del año base no se ajustan si la empresa ha adquirido nuevas operaciones o instalaciones que no existían en el año base. En este caso puede llevarse a cabo un recálculo de los datos históricos sólo hasta el punto en que entraron en operación las instalaciones adquiridas. Lo mismo aplica para los casos en que la empresa desinvierte en una operación que no existía en el año base.
- La incorporación o transferencia de actividades que varíe significativamente emisiones entre el alcance 1 y el alcance 3, cuando las emisiones de alcance 3 no son reportadas, sí implica un recálculo de las emisiones del año base.
- Cuando se tiene nuevos factores de emisión, si las emisiones calculadas a partir de los nuevos factores difieren significativamente de las anteriores, se recalcula toda la serie histórica de emisiones a partir del año base.

¹⁰ Capítulo 5. Seguimiento de las Emisiones a Través del Tiempo. Protocolo de Gases de Efecto Invernadero. Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte. WBCSD / WRI / SEMARNAT.

4. BIBLIOGRAFÍA

- Global Warming Potentials. www.ghgprotocol.org
- Factores de Emisión para los Combustibles Colombianos. Academia Colombiana de Ciencias – Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). www.siame.gov.co.
- IEA Statistics – Edition 2011. CO₂ Emissions From Fuel Combustion. Highlights. www.iea.org.
- IEA Statistics – Edition 2013. CO₂ Emissions From Fuel Combustion. Highlights. www.iea.org.
- Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, versión revisada en 1996. Libro de Trabajo para Inventarios de Gases de Efecto Invernadero.
- Protocolo de Gases de Efecto Invernadero. Estándar Corporativo de Contabilidad y Reporte. Edición Revisada. WBCSD / WRI / SEMARNAT. Diciembre de 2005.