



***Factores de emisión para
elaboración de inventarios de
emisión de carbono negro y
contaminantes criterio***



Factores de emisión para elaboración de inventarios de emisión de carbono negro y contaminantes criterio

Grupo de Gestión Ambiental Urbana
Dirección de Asuntos Ambientales, Sectorial y Urbana
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Bogotá D.C.
2026



REPÚBLICA DE COLOMBIA

Gustavo Francisco Petro Urrego
Presidente de la República

Irene Vélez Torres
Ministra (E) de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Edith Bastidas Calderón
Viceministra de Políticas y Normalización Ambiental

Yiovani Palechor Mopán
Dirección de Asuntos Ambientales Sectorial y Urbana

Equipo técnico
María del Carmen Cabeza Alarcón
Coordinadora Grupo de Gestión Ambiental Urbana
Carlos Alberto Duarte Durán

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y divulgación de material contenido en este documento para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización del titular de los derechos de autor, siempre que se cite claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción total o parcial de este documento para fines comerciales.

No comercializable - Distribución gratuita.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
2026



CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	9
ACLARACIONES	11
1 Generalidades.....	12
2 Sector energía.....	12
2.1 Actividades de quema del combustible (1.A.)	13
2.1.1 Combustibles Sólidos.....	14
2.1.2 Combustibles Líquidos.....	15
2.2 Producción de energía eléctrica y producción de calor (1.A.1.).....	16
2.3 Industrias manufactureras y de la construcción (1.A.2).....	19
2.3.1 Industria de materiales de construcción (1.A.2.g.v).....	24
2.3.2 Fuentes Móviles Terrestres de uso Fuera de Carretera (1.A.2.g.vii).....	26
2.4 Transporte (1.A.3.).....	28
2.4.1 Transporte terrestre (1.A.3.b).....	29
2.4.2 Ferrocarriles (1.A.3.c).....	37
2.4.3 Navegación marítima y fluvial (1.A.3.d).....	37
2.5 Otros sectores (1.A.4).....	38
2.6 Emisiones Fugitivas Combustibles Sólidos (1.B.1).....	42
3 Procesos industriales y uso de productos	43
3.1 Productos Minerales (2A).....	43
3.1.1 Producción de cemento (2.A.1).....	44
3.1.2 Producción de Cal (2.A.2).....	44
3.1.3 Producción de Vidrio (2.A.3).....	45
3.1.4 Extracción y explotación de minerales distintos del carbón (2.A.5).....	45
3.2 Industria química (2.B).....	46
3.2.1 Producción de amoníaco (2.B.1).....	46
3.2.2 Producción de ácido nítrico (2.B.2).....	47
3.2.3 Producción de ácido adípico (2.B.3).....	47
3.3 Industria de los metales (2C).....	48

3.3.1	Producción de hierro y acero (2.C.1)	48
3.3.2	Producción de ferroaleaciones (2.C.2.)	48
3.3.3	Producción de aluminio (2.C.3.).....	49
3.3.4	Producción de plomo (2.C.5).....	49
3.3.5	Industria de pulpa y papel (2.H.1).....	50
3.3.6	Industria de la alimentación y las bebidas (2.H.2)	51
4	Agricultura	51
4.1	Quema de residuos agrícolas en el campo (3.F).....	51
5	Residuos (5).....	52
5.1	Eliminación de residuos sólidos (5.A)	52
5.2	Incineración de residuos biogénicos (5.C.1.a).....	53
5.3	Incineración de residuos No biogénico (5.C.1.b).....	53
	CONCLUSIONES	55
	BIBLIOGRAFÍA.....	57

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Factores de emisión para combustibles sólidos	14
Tabla 2	Factores de emisión para combustibles líquidos.....	15
Tabla 3	Factores de emisión para carbón en Industrias de la energía	16
Tabla 4	Factores de emisión para carbón café en Industrias de la energía	17
Tabla 5	Factores de emisión para combustible pesado en Industrias de la energía ...	17
Tabla 6	Factores de emisión para Diésel en Industrias de la energía	18
Tabla 7	Factores de emisión para combustibles gaseosos en Industrias de la energía	18
Tabla 8	Factores de emisión para Biomasa en Industrias de la energía.....	19
Tabla 9	Factores de emisión para el consumo de combustibles en procesos industriales	20
Tabla 10	Factores de emisión para combustibles sólidos en Industrias	22
Tabla 11	Factores de emisión para combustibles gaseosos en Industrias.....	23
Tabla 12	Factores de emisión para combustibles líquidos en Industrias.....	23
Tabla 13	Factores de emisión para combustión de biomasa en Industrias.....	24
Tabla 14	Factores de emisión industria ladrillera por consumo de combustible (g contaminante/ MJ Combustible).....	25
Tabla 15	Factores de emisión industria ladrillera por producción (g contaminante / kg Ladrillo producido)	25
Tabla 16	Factores de emisión para el consumo de combustibles en procesos industriales	26
Tabla 17	Factores de emisión para FMFC que utilizan combustible diésel.	27
Tabla 18	Factores de emisión para FMFC que utilizan combustible GLP.....	28
Tabla 19	Factores de emisión para FMFC que utilizan combustible gasolina.....	28
Tabla 20	Factores de emisión para vehículos pesados de carga -diésel altitud Bucaramanga.....	31
Tabla 21	Factores de emisión para vehículos pesados de carga -diésel altitud Bogotá...	32
Tabla 22	Factores de emisión para vehículos pesados de carga -diésel altitud Barranquilla.	33
Tabla 23	Factores de emisión para vehículos pesados de carga -diésel.....	34
Tabla 24	Factores de emisión para vehículos livianos.....	35
Tabla 25	Factores de emisión para Vehículos livianos – FECOC+	36
Tabla 26	Factores de emisión para Motocicletas AMVA.....	36
Tabla 27	Factores de emisión para Motocicletas - FECOC+.....	37

Tabla 28	Factores de emisión para Ferrocarriles	37
Tabla 29	Factores de emisión para Navegación marítima y fluvial	38
Tabla 30	Factores de emisión para comercial institucional que emplean carbón	39
Tabla 31	Factores de emisión para comercial institucional que emplean combustibles gaseosos.....	39
Tabla 32	Factores de emisión para comercial institucional que emplean combustibles líquidos.....	40
Tabla 33	Factores de emisión para plantas residenciales que emplean combustibles sólidos	40
Tabla 34	Factores de emisión para plantas residenciales que emplean combustibles gaseosos.....	41
Tabla 35	Factores de emisión para plantas residenciales que emplean combustibles líquidos.....	41
Tabla 36	Factores de emisión para combustible biomasa.....	42
Tabla 37	Factores de emisión para emisiones fugitivas minería de carbón cielo abierto..	43
Tabla 38	Factores de emisión para producción de cemento.....	44
Tabla 39	Factores de emisión para producción de Cal.	45
Tabla 40	Factores de emisión para producción de Vidrio.	45
Tabla 41	Factores de emisión para producción de minerales distintos al carbón.....	46
Tabla 42	Factores de emisión para producción de Amoniaco.	47
Tabla 43	Factores de emisión para producción de ácido nítrico.	47
Tabla 44	Factores de emisión para producción de ácido adípico.....	47
Tabla 45	Factores de emisión para producción de hierro y acero	48
Tabla 46	Factores de emisión para producción de ferroaleaciones.....	49
Tabla 47	Factores de emisión para producción de aluminio	49
Tabla 48	Factores de emisión para producción de plomo	50
Tabla 49	Factores de emisión para Industria de pulpa y papel.	50
Tabla 50	Factores de emisión para Industria de la alimentación y las bebidas.....	51
Tabla 51	Factores de emisión para Quema de residuos agrícolas en el campo.	52
Tabla 52	Factores de emisión para Eliminación de residuos sólidos.	52
Tabla 53	Factores de emisión para incineración de residuos biogénicos.....	53
Tabla 54	Factores de emisión para incineración de residuos no biogénicos.....	54

LISTA DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AMVA	Área Metropolitana del Valle de Aburrá
BHP	Caballos de fuerza de caldera, sigla en inglés de: <i>Boiler Horsepower</i>
BTR	Informe Bienal de Transparencia, sigla en inglés de: <i>Biennial Transparency Report</i>
BUR	Informe Bienal de Actualización, sigla en inglés de: <i>Biennial Update Report</i>
CAEM	Corporación Ambiental Empresarial
CCAC	Coalición de Clima y Aire Limpio, sigla en inglés de: <i>Climate and Clean Air Coalition</i>
CCVC	Contaminantes Climáticos de Vida Corta
CN	Carbono Negro
CO	Monóxido de carbono
COV	Compuestos Orgánicos Volátiles
COVDM	Compuestos Orgánicos Volátiles Diferentes del Metano
EEA	Agencia Europea de Medio Ambiente, sigla en inglés de: <i>European Environment Agency</i>
EMEP	Programa Europeo de Vigilancia y Evaluación, sigla en inglés de: <i>European Monitoring and Evaluation Programme</i>
EPA	Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, sigla en inglés de: <i>Environmental Protection Agency</i>
FECOC	Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos
FMFC	Fuentes Móviles terrestres de uso Fuera de Carretera
GJ	Gigajulio
GN	Gas Natural
GLP	Gas Licuado de Petróleo
HCT	Hidrocarburos Totales
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IPCC	Panel Intergubernamental de Cambio Climático, sigla en inglés de: <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>
IPPU	Procesos Industriales y Uso de Productos (<i>Industrial Processes and Product Use</i>)
MJ	Megajulio
NO _x	Óxidos de nitrógeno
NP	Número de partículas
PEMS	Sistemas portátiles de medición de emisiones sigla en inglés de: <i>Portable Emissions Measurement Systems</i>
PM ₁₀	Material particulado menor a 10 micrómetros
PM _{2,5}	Material particulado menor a 2,5 micrómetros
PST	Partículas Suspendidas Totales
SDA	Secretaría Distrital de Ambiente
SO ₂	Dióxido de azufre
UPME	Unidad de Planeación Minero-Energética



INTRODUCCIÓN

Colombia ha venido fortaleciendo sus capacidades para cuantificar las emisiones de contaminantes criterio y contaminantes climáticos de vida corta (CCVC), entre ellos el carbono negro (CN), mediante el desarrollo de diversos estudios, inventarios y herramientas técnicas. Estos avances se reflejan en productos como el Inventario Indicativo Nacional de Contaminantes Criterio y Carbono Negro 2010-2014, las actualizaciones presentadas en el Informe Bienal de Actualización de Cambio Climático de Colombia (BUR3, por sus siglas en inglés) para el periodo 2010-2018 y, más recientemente, el primer Informe Bienal de Transparencia (BTR-1, por sus siglas en inglés), que presenta las emisiones de contaminantes criterio y carbono negro para la serie 2010-2021. En este contexto, surge la necesidad de contar con criterios comunes y referencias técnicas que permitan mejorar la consistencia, comparabilidad y calidad de las estimaciones realizadas por distintas instituciones, sectores y niveles de gobierno.

De esta forma, el desarrollo de este documento se enmarca en los lineamientos establecidos en la Estrategia Nacional de Calidad del Aire (ENCA), particularmente en el Objetivo Estratégico 5.2 (OE-II), orientado a fortalecer el conocimiento técnico científico para avanzar en la gestión de la calidad del aire en el país. De manera específica, este documento contribuye a la línea de acción 5.2.2, relacionada con el fortalecimiento del conocimiento sobre las fuentes de emisión y la aplicación de herramientas de modelamiento ambiental, al consolidar y organizar factores de emisión locales actualmente disponibles, desarrollados por diferentes entidades, que sirven como insumo para la elaboración y mejora de inventarios de emisión.

La información presentada se estructura conforme a las categorías de las Directrices del Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) 2006 y Refinamientos 2019, y a la Tabla de Homologación de Categorías empleada en el BTR-1, entendiendo que estas directrices no proporcionan factores de emisión para contaminantes criterio ni CCVC, pero sí ofrecen un marco metodológico robusto para la clasificación y organización de las fuentes emisoras. La recopilación abarca diversos sectores y actividades, incluyendo combustión estacionaria, transporte, fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera (FMFC), procesos industriales y actividades específicas de industrias manufactureras y de la construcción, entre otros.

La metodología empleada para el desarrollo de este documento se basa en la revisión y sistematización de múltiples fuentes de información, entre ellas estudios locales,



inventarios nacionales y regionales, herramientas sectoriales como FECOC¹, literatura técnica, y guías internacionales reconocidas como el EMEP/EEA *Air Pollutant Emission Inventory Guidebook* de la Agencia Europea de Medio Ambiente, guías de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (United States Environmental Protection Agency, US-EPA) y documentos especializados elaborados por la academia y centros de investigación. Esta diversidad de fuentes permite ampliar la representatividad de los factores de emisión y mejorar su utilidad para la elaboración de inventarios de emisiones en el país.

Los contaminantes abordados en este compendio incluyen los principales contaminantes criterio y CCVC considerados en evaluaciones de calidad del aire y clima: material particulado (PM₁₀, PM_{2.5} y Partículas Suspendidas Totales-PST), óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO₂), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (COVDM), hidrocarburos totales (HCT), número de partículas (NP) y carbono negro (CN). Su inclusión obedece a su relevancia atmosférica, sanitaria y climática, así como a su uso frecuente en inventarios territoriales y nacionales.

Finalmente, la revisión de los factores de emisión locales disponibles pone de manifiesto que, si bien el país ha avanzado de manera significativa en la generación de información técnica para la estimación de emisiones de contaminantes atmosféricos, persisten vacíos importantes de conocimiento para múltiples sectores, tecnologías y condiciones de operación.

¹ Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos



ACLARACIONES

Este documento es de carácter informativo y orientativo; constituye únicamente un acercamiento técnico a los factores de emisión relacionados con la calidad del aire, elaborado a partir de un ejercicio de recopilación, organización y sistematización de información disponible en diferentes estudios, inventarios y fuentes institucionales. Su propósito es identificar y poner a disposición una referencia no exhaustiva de factores de emisión para diversas actividades, categorías y sectores, sin que ello implique obligatoriedad en su adopción o aplicación. En consecuencia, este documento no establece lineamientos vinculantes, ni reemplaza las metodologías, criterios o herramientas que cada entidad, autoridad ambiental o actor de interés considere pertinentes para sus propios procesos de estimación. El carácter recopilatorio de este insumo implica que su utilización deberá evaluarse caso por caso, de acuerdo con las necesidades técnicas e institucionales de quienes realizan los inventarios de emisiones.

El presente documento consolida una revisión bibliográfica que busca poner a disponibilidad de los interesados diferentes factores de emisión locales para la elaboración de inventarios de carbono negro y contaminantes criterio, que han sido elaborados por diferentes instituciones, con la finalidad de contribuir al mejoramiento y estandarización de las estimaciones de inventarios de dichas sustancias en el país. El documento ha sido elaborado conforme la tabla de Homologación de Categorías descritas en el BTR-1.



1 Generalidades

Actualmente, Colombia ha venido avanzando en el fortalecimiento de sus estimaciones de emisiones a la atmósfera provenientes de diversas fuentes, mediante el desarrollo de factores de emisión para contaminantes criterio y contaminantes climáticos de vida corta (CCVC). Entre los contaminantes considerados se encuentran los óxidos de nitrógeno (NO_x), el monóxido de carbono (CO), los hidrocarburos (HC), el material particulado (PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$), el dióxido de azufre (SO_2) y el carbono negro (CN).

Estos factores de emisión han sido desarrollados por diferentes actores institucionales, entre los que se destacan el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) y la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). Asimismo, a través de procesos de cooperación internacional, se han fortalecido estos desarrollos mediante alianzas y convenios, como por ejemplo con la Corporación Ambiental Empresarial (CAEM) y la Coalición de Clima y Aire Limpio (CCAC), contribuyendo a la mejora continua de la información en el país.

Es por esto que, para la consulta y aplicación de estos factores de emisión, se han desarrollado diversas herramientas técnicas y estudios especializados. Entre ellos se encuentran el proyecto FECOC (Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos), los factores de emisión para fuentes móviles en el Valle de Aburrá, el inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos de Bogotá y los factores de emisión específicos para el sector ladrillero.

No obstante, es importante señalar que aún existe un número significativo de fuentes de emisión para las cuales no se han desarrollado factores de emisión locales. En este contexto, y con el fin de suministrar un marco de referencia más completo, fue necesario complementar la información disponible mediante la revisión de fuentes internacionales, tales como la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, por sus siglas en inglés), el Programa Europeo de Vigilancia y Evaluación (EMEP, por sus siglas en inglés), la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA, por sus siglas en inglés) y diversos estudios académicos. Estas referencias permitieron ampliar y robustecer la base de datos de factores de emisión presentada en el presente documento.

2 Sector energía

En el marco de la elaboración de este documento de consolidación de factores de emisión para contaminantes criterio y carbono negro, se adopta la estructura sectorial definida por

las Directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2023) como referencia para la organización y homologación de categorías. Estas directrices establecen que el sector Energía comprende todas las emisiones derivadas de la combustión de combustibles fósiles o biomasa, así como las emisiones fugitivas asociadas a la producción, transformación, almacenamiento y transporte de combustibles. Esta clasificación proporciona una estructura estandarizada que facilita la homogenización y comparabilidad de las fuentes emisoras, incluyendo categorías como producción de electricidad y calor, industrias manufactureras, transporte y otros usos finales (IPCC, 2006a).

Dado que los contaminantes criterio y los CCVC se generan principalmente en procesos de combustión y en diversas actividades energéticas, la adopción de este marco metodológico permite alinear, armonizar y sistematizar la estimación de emisiones dentro de un esquema común de reporte.

A su vez, las directrices especifican que las emisiones asociadas a usos no energéticos de los combustibles deben excluirse del sector energía y reportarse en Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU, por sus siglas en inglés) (Matsika et al., 2006), lo cual contribuye a delimitar claramente las fuentes según la naturaleza de su actividad. En coherencia con este enfoque, el país ha desarrollado diversos estudios y ejercicios técnicos orientados a fortalecer la estimación de emisiones de carbono negro y otros CCVC.

2.1 Actividades de quema del combustible (1.A.)

La categoría “Actividades de quema del combustible (1.A.)” comprende las emisiones generadas por la combustión de combustibles sólidos, líquidos y gaseosos en distintas actividades energéticas, tanto estacionarias como móviles. Estas fuentes de emisión están asociadas principalmente al uso de combustibles fósiles y biomasa en procesos de generación de energía, actividades industriales, comerciales, institucionales y residenciales, así como en equipos y maquinaria que emplean combustión directa. En este contexto, la quema de combustible constituye una de las principales fuentes de contaminantes criterio y contaminantes climáticos de vida corta (CCVC), debido a la liberación directa de gases y partículas producto de procesos de combustión incompleta o con bajos niveles de control tecnológico (EEA, 2023).

En el marco de esta categoría, los factores de emisión recopilados en el documento permiten estimar emisiones de contaminantes como dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), monóxido de carbono (CO), material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}), compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM) y carbono negro (CN),

dependiendo del tipo de combustible. Para el caso de Colombia, se dispone de factores de emisión locales principalmente para la quema de combustibles sólidos y líquidos, compilados a través de herramientas como FECOC, mientras que para otras subcategorías y combustibles se recurre a factores de otras referencias. Esta información resulta fundamental para caracterizar de manera más precisa las emisiones asociadas a la combustión de combustibles y fortalecer la consistencia y comparabilidad de los inventarios de contaminantes atmosféricos.

2.1.1 Combustibles Solidos

De acuerdo con la calculadora FECOC (UPME et al., 2016), se reportan diferentes tipos de combustibles sólidos caracterizados y utilizados en el país con fines energéticos, tales como carbones de distintas zonas de explotación, bagazo, leña y madera, entre otros. Las emisiones asociadas a estos combustibles se generan principalmente durante el proceso de combustión, en el cual los componentes del combustible son transformados y liberados a la atmósfera en forma de gases y material particulado. En este contexto, los factores de emisión representan una relación entre la cantidad de contaminante emitido y la energía o masa de combustible consumida, y su aplicación permite estimar las emisiones resultantes de la quema de combustibles sólidos en distintas actividades. Estas actividades generan emisiones de dióxido de azufre (SO₂) y sus factores de emisión son presentados en la **Tabla 1**.

Tabla 1 Factores de emisión para combustibles solidos

Tipo de combustible	Factor de emisión SO ₂ (kgSO ₂ /TJ)
Carbón Genérico	3.101,7541
Carbón Guajira - Cesar	1.133,7889
Carbón Guajira	427,5182
Carbón Cundinamarca	578,8202
Carbón Cauca - Valle del Cauca	10.011,7045
Carbón Norte de Santander	1.430,7775
Carbón Córdoba-Norte de Antioquia	1.430,7775
Carbón Santander	11.860,2824
Carbón Santander Sogamoso	738,9073
Carbón Boyacá	308,9193
Carbón Antioquia	1.399,6315
Bagazo	47,4357
Fibra de palma	240,1597
Cuesco de palma	131,0561
Raquis de palma	32,7616
Cascarilla de Arroz	153,6714
Borra de Café	122,3044

Tipo de combustible	Factor de emisión SO ₂ (kgSO ₂ /TJ)
Cisco de Café	78,0258
Madera Genérico	19,1822
Madera Eucalipto	21,6142
Madera Pino	5,2668
Madera Acacia	21,3772
Madera Melina	21,5061
Residuos de llantas	1.124,9715

Fuente: UPME et al, 2016

2.1.2 Combustibles Líquidos

Dentro de la herramienta FECOC se incluyen diversos tipos de combustibles líquidos utilizados con fines energéticos en el país, entre los que se encuentran la gasolina E10 (comercial), el diésel B2, el crudo de Castilla, entre otros presentados en la Tabla 2. Las emisiones asociadas a estos combustibles se generan principalmente durante el proceso de combustión, en el cual los componentes del combustible son oxidados y liberados a la atmósfera en forma de gases y partículas.

En este contexto, los factores de emisión representan la cantidad de contaminante emitido por unidad de energía o de combustible consumido y se aplican directamente al consumo de combustibles líquidos, permitiendo estimar las emisiones derivadas de su quema en diferentes actividades y usos finales.

Tabla 2 Factores de emisión para combustibles líquidos

Tipo de combustible	Factor de emisión SO ₂ (kgSO ₂ /TJ)
Kerosene	42,0002
Combustóleo	1.269,5595
Crudo de Castilla	1.080,8539
Avigas	2,4146
Jet A1	30,6653
Biodiesel palma	2,4247
Etanol Anhidro	4,0887
Gasolina Motor	3,5705
Diesel Marino	4,3905
Diesel B2	2,9676
Gasolina E10 (Comercial)	10,9589

Fuente: UPME et al, 2016

En algunas categorías del sector energía, clasificadas según el IPCC, aún no se han desarrollado factores de emisión específicos para el país. No obstante, con el propósito de establecer una ruta que permita la estimación integral de todas las categorías definidas en las Directrices del IPCC, este documento propone un conjunto de fuentes documentales de referencia. Dichas fuentes podrán ser consultadas según las circunstancias y se presentan a continuación.

2.2 Producción de energía eléctrica y producción de calor (1.A.1.)

La categoría “Producción de energía eléctrica y producción de calor (1.A.1.a)”, según las Directrices del IPCC, comprende las emisiones generadas por los productores cuya actividad principal es la generación de electricidad destinada al suministro público (Trozzi et al., 2023), para efectos de clasificación, se emplean los factores de emisión de nivel Tier 1² correspondientes a esta categoría, desagregados de acuerdo con los combustibles utilizados en el proceso y cuyas características pueden ser consultadas en la Guía de inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos de la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA, 2023g).

De acuerdo con lo anterior, los valores presentados en la Tabla 3 reflejan los factores de emisión asociados al consumo de carbón de coque, carbón bituminoso (otros), carbón sub-bituminoso y coque.

Tabla 3 Factores de emisión para carbón en Industrias de la energía

Uso de carbón para la producción de electricidad y calor				
Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza ³	
			Bajo	Alto
NO _x	209	g/GJ	200	350
CO	8,7	g/GJ	6,15	15
COVDM	1,0	g/GJ	0,6	2,4
SO _x	820	g/GJ	330	5.000
PM ₁₀	7,7	g/GJ	2	200
PM _{2.5}	3,4	g/GJ	0,9	90
CN	2,2	% de PM _{2.5}	0,27	8,08
PST	11,4	g/GJ	3	300

Fuente: EEA, 2023

² Tier 1: Método por defecto. Utiliza datos internacionales y factores de emisión predeterminados

³ Intervalo de confianza (95%): rango dentro del cual se estima que se encuentra el valor real del factor de emisión con un 95% de confianza, debido a la variabilidad de los datos.

Dentro de la categoría de “carbón café”, en la Tabla 4 se incluyen los factores de emisión asociadas al uso de lignito, esquisto bituminoso y turba.

Tabla 4 Factores de emisión para carbón café en Industrias de la energía

Combustible Carbón café				
Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
NO _x	247	g/GJ	143	571
CO	8,7	g/GJ	6,72	60,5
COVDM	1,4	g/GJ	0,84	3,36
SO _x	1.680	g/GJ	330	5.000
PM ₁₀	7,9	g/GJ	1	79
PM _{2.5}	3,2	g/GJ	1	32
CN	1	% of PM _{2.5}	0,1	4
PST	11,7	g/GJ	1,2	117

Fuente: EEA, 2023

De acuerdo con el EMEP/EEA *Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023*, se consideran como combustibles pesados los siguientes: fueloil residual, materia prima de refinería, coque de petróleo, orimulsión y betún; cuyos factores de emisión se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5 Factores de emisión para combustible pesado en Industrias de la energía

Combustible pesado				
Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
NO _x	142	g/GJ	70	300
CO	15,1	g/GJ	9,06	21,1
COVDM	2,3	g/GJ	1,4	3,2
SO _x	495	g/GJ	146	1.700
PM ₁₀	25,2	g/GJ	1,5	150
PM _{2.5}	19,3	g/GJ	0,9	90
CN	5,6	% of PM _{2.5}	0,22	8,69
PST	35,4	g/GJ	2	200

Fuente: EEA, 2023

La tabla 6, presenta los factores de emisión por uso de combustible diésel en la categoría Industrias de la energía.

Tabla 6 Factores de emisión para Diésel en Industrias de la energía

Combustible Diésel				
Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
NO _x	65	g/GJ	22	195
CO	16,2	g/GJ	4	65
COVDM	0,8	g/GJ	0,48	1,28
SO _x	46,5	g/GJ	4,65	465
PM ₁₀	3,2	g/GJ	1	10
PM _{2.5}	0,8	g/GJ	0,3	2,5
CN	33,5	% of PM _{2.5}	28,9	38
PST	6,5	g/GJ	2	20

Fuente: EEA, 2023

Dentro de los combustibles considerados en esta categoría para la generación de energía eléctrica, se incluyen gas natural (GN) y gas licuado de petróleo (GLP), clasificados conforme a las tipologías establecidas en las directrices internacionales de inventarios de emisiones, para los cuales se presentan en la Tabla 7 los respectivos factores de emisión.

Tabla 7 Factores de emisión para combustibles gaseosos en Industrias de la energía

Combustibles Gaseosos				
Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
NO _x	89	g/GJ	15	185
CO	39	g/GJ	20	60
COVDM	2,6	g/GJ	0,65	10,4
SO _x	0,281	g/GJ	0,169	0,393
PM ₁₀	<0,14	g/GJ	<0,09	<0,19
PM _{2.5}	<0,14	g/GJ	<0,09	<0,19
CN	NA	% of PM _{2.5}	NA	NA
PST	<0,14	g/GJ	<0,09	<0,19

Fuente: EEA, 2023

Dentro de esta categoría se incluyen las emisiones asociadas al uso de madera, carbón vegetal y residuos vegetales de origen agrícola, considerados como biocombustibles sólidos según la clasificación de las Directrices del IPCC y cuyos factores de emisión se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8 Factores de emisión para Biomasa en Industrias de la energía

Combustible Biomasa				
Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
NO _x	81	g/GJ	40	160
CO	90	g/GJ	45	180
COVDM	7,31	g/GJ	2,44	21,9
SO _x	10,8	g/GJ	6,45	15,1
PM ₁₀	155	g/GJ	77	310
PM _{2.5}	133	g/GJ	66	266
CN	3,3	% of PM _{2.5}	1,6	6,6
PST	172	g/GJ	86	344

Fuente: EEA, 2023

2.3 Industrias manufactureras y de la construcción (1.A.2)

La categoría “1.A.2 Industrias manufactureras y de la construcción” comprende las emisiones generadas por la combustión de combustibles en el sector industrial. Incluye la quema de combustibles para la generación de electricidad y calor destinados al autoconsumo industrial. De acuerdo con las directrices del IPCC 2006, estas emisiones deben clasificarse conforme a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU).

A nivel local para esta categoría, se encuentra por ejemplo el trabajo adelantado por la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá (SDA) la cual, en el Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá del año 2010, incluyó una recapitulación del inventario de gases de contaminantes atmosféricos que fue realizado para Bogotá en el año 2008, así como factores de emisión elaborados para el sector industrial. Posteriormente, en el año 2018 nuevamente la SDA presentó su inventario de emisiones dentro del cual se generó una actualización de los factores de emisión del sector industria y su metodología de estimación. En particular, este instrumento incluye factores de emisión para fuentes fijas industriales, especialmente aquellas que operan mediante el uso de hornos y calderas (SDA, 2025).

Con base en esta información, se presentan a continuación los factores de emisión asociados al consumo de combustibles en el sector industrial, los cuales permiten estimar las emisiones de contaminantes atmosféricos en diferentes procesos productivos:

Tabla 9 Factores de emisión para el consumo de combustibles en procesos industriales

<i>Tecnología</i>	<i>Combustible</i>	<i>Unidades</i>	PM₁₀	NO_x	SO₂	CO	COV
Caldera industrial y comercial > 15 BHP	Diésel	mg/m ³	8,40E+05	2,40E+06	1,80E+06	6,00E+05	4,85E+04
Caldera industrial y comercial > 15 BHP	Fuel oil residual (Fuel oil No, 5 y 6)	mg/m ³	1,20E+06	6,60E+06	2,07E+06	6,00E+05	1,73E+05
Aglutinadora	Gas natural	mg/m ³	1,22E+02	1,51E+03	9,62E+00	6,41E+02	8,82E+01
Horno	Diésel	mg/m ³	4,76E+05	2,14E+06	1,70E+06	5,95E+05	2,99E+05
Bombo	Gas natural	mg/m ³	1,22E+02	1,51E+03	9,62E+00	6,41E+02	8,82E+01
Caldera >100 BHP	Carbón	g/kg	6,85E+00	7,62E+00	2,21E+01	3,00E-01	1,50E-01
Caldera ≤100 BHP	Carbón	g/Kg	1,05E+01	4,47E+00	1,16E+01	3,00E-01	1,50E-01
Caldera >100 BHP (año de fabricación menor o igual a 1997)	Gas natural	mg/m ³	5,89E+02	6,67E+03	2,67E+01	1,34E+03	1,76E+02
Caldera >100 BHP (año de fabricación mayor a 1997)	Gas natural	mg/m ³	2,37E+02	6,95E+02	5,00E-01	1,34E+03	1,76E+02
Caldera ≤100 BHP	Gas natural	mg/m ³	1,90E+02	3,19E+03	2,31E+01	1,38E+03	1,76E+02
Calentador	Gas licuado de petróleo	mg/m ³	9,59E+04	1,80E+06	1,92E+03	1,01E+06	NE
Caldera	Madera	g/kg	2,57E+00	3,50E+00	1,80E-01	4,28E+00	1,20E-01
Calentador	Gas natural	mg/m ³	1,22E+02	1,51E+03	9,62E+00	6,41E+02	8,82E+01
Caldera (vapor) textiles	Aceite usado	mg/m ³	6,03E+06	4,17E+06	2,65E+07	6,00E+05	1,20E+05
Cuba	Gas natural	mg/m ³	1,22E+02	1,51E+03	9,62E+00	6,41E+02	8,82E+01
Estufa industrial	Gas licuado de petróleo	mg/m ³	9,59E+04	1,80E+06	1,92E+03	1,01E+06	NE
Estufa industrial	Gas natural	mg/m ³	1,22E+02	1,51E+03	9,62E+00	6,41E+02	8,82E+01
Extrusora	Gas natural	mg/m ³	1,22E+02	1,51E+03	9,62E+00	6,41E+02	8,82E+01
Horno y caldera con aplicaciones industriales	Gas licuado de petróleo	mg/m ³	2,40E+04	2,26E+06	1,20E+03	3,81E+05	1,20E+05
Horno	Carbón	g/Kg	1,27E+01	4,56E+00	1,21E+01	6,25E+00	4,80E-01

<i>Tecnología</i>	<i>Combustible</i>	<i>Unidades</i>	<i>PM₁₀</i>	<i>NO_x</i>	<i>SO₂</i>	<i>CO</i>	<i>COV</i>
Horno fundición	Aceite usado	mg/m ³	2,97E+06	1,11E+06	2,07E+06	6,00E+05	1,20E+05
Horno de alimentos	Gas natural	mg/m ³	1,22E+02	1,04E+03	1,00E-01	6,40E+02	1,76E+02
Horno de secado y curado	Gas natural	mg/m ³	1,46E+02	1,22E+03	6,97E+01	6,40E+02	1,76E+02
Horno de fundición y cremación	Gas natural	mg/m ³	1,19E+02	1,50E+03	9,60E+00	6,40E+02	1,76E+02
Horno	Madera	g/kg	2,570E+00	3,500E+00	1,800E-01	4,280E+00	1,200E-01
Inyectora	Gas licuado de petróleo	mg/m ³	9,587E+04	1,798E+06	1,917E+03	1,007E+06	NE
Impresora de gran formato	Gas natural	mg/m ³	1,218E+02	1,507E+03	9,620E+00	6,411E+02	8,815E+01
Inyectora	Gas natural	mg/m ³	1,218E+02	1,507E+03	9,620E+00	6,411E+02	8,815E+01
Intercambiador de calor	Gas natural	mg/m ³	1,218E+02	1,507E+03	9,620E+00	6,411E+02	8,815E+01
Intercambiador de calor	Madera	g/kg	2,990E+00	4,440E+00	5,440E+00	2,300E-01	NE
Lacadora	Gas natural	mg/m ³	1,218E+02	1,507E+03	9,620E+00	6,411E+02	8,815E+01
Marmita	Gas licuado de petróleo	mg/m ³	9,587E+04	1,798E+06	1,917E+03	1,007E+06	NE
Marmita	Gas natural	mg/m ³	1,218E+02	1,507E+03	9,620E+00	6,411E+02	8,815E+01
Otra	Gas natural	mg/m ³	1,218E+02	1,507E+03	9,620E+00	6,411E+02	8,815E+01
Planta eléctrica	Diésel	mg/m ³	4,794E+04	2,157E+06	1,702E+07	5,992E+05	NE
Peletizadora	Gas natural	mg/m ³	1,218E+02	1,507E+03	9,620E+00	6,411E+02	8,815E+01
Quemador	Gas licuado de petróleo	mg/m ³	9,587E+04	1,798E+06	1,917E+03	1,007E+06	NE
Quemador	Gas natural	mg/m ³	1,218E+02	1,507E+03	9,620E+00	6,411E+02	8,815E+01
Rama de Termofijado	Aceite usado	mg/m ³	3,356E+05	1,318E+06	4,360E+07	2,037E+05	NE
Rama de Termofijado	Gas natural	mg/m ³	1,218E+02	1,507E+03	9,620E+00	6,411E+02	8,815E+01
Secadora	Gas natural	mg/m ³	1,218E+02	1,507E+03	9,620E+00	6,411E+02	8,815E+01
Tostadora	Diésel	mg/m ³	4,794E+04	2,157E+06	1,702E+07	5,992E+05	NE
Tostadora	Gas natural	mg/m ³	1,218E+02	1,507E+03	9,620E+00	6,411E+02	8,815E+01
Torre de secado	Gas natural	mg/m ³	1,218E+02	1,507E+03	9,620E+00	6,411E+02	8,815E+01
Vulcanizadora	Gas natural	mg/m ³	1,218E+02	1,507E+03	9,620E+00	6,411E+02	8,815E+01
Vulcanizadora	Gas licuado de petróleo	mg/m ³	9,587E+04	1,798E+06	1,917E+03	1,007E+06	1,714E+06

NE: No estimado

Fuente: SDA, 2025

De acuerdo con lo establecido por parte del IPCC (IPCC, 2023) existen una gran cantidad de fuentes de emisión en el sector industrial. Sin embargo, no se cuenta con factores de emisión propios y actualizados para todas las categorías, aparte de los estimados por la SDA, que permitan reflejar con mayor precisión las condiciones tecnológicas, operativas y de calidad de los combustibles utilizados en toda la industria nacional. Esta situación representa una limitación para la estimación de contaminantes criterio y contaminantes climáticos de vida corta (CCVC), ya que obliga a utilizar factores de emisión internacionales, establecidos en manuales técnicos como el EMEP/EEA *Air Pollutant Emission Inventory Guidebook*.

Dentro de las subcategorías industriales más relevantes se encuentran:

- **Hierro y acero (1.A.2.a):** Incluye los procesos de combustión en hornos de coque, altos hornos y otras instalaciones asociadas a la producción de acero primario y secundario.
- **Metales no ferrosos (1.A.2.b):** Abarca las actividades de fundición y refinación de metales como aluminio, cobre, zinc y plomo.
- **Químicos (1.A.2.c):** Comprende la producción de sustancias químicas básicas, fertilizantes, plásticos y derivados.
- **Pulpa, papel e impresión (1.A.2.d):** Se refiere al consumo energético en procesos de producción de pulpa y papel, así como en instalaciones de impresión de gran escala.
- **Procesamiento de alimentos, bebidas y tabaco (1.A.2.e):** Incluye las industrias manufactureras de procesamiento de productos agrícolas, bebidas alcohólicas y no alcohólicas, y tabaco.
- **Otros sectores industriales (1.A.2.f):** un grupo heterogéneo que reúne actividades industriales menores no clasificadas en las subcategorías anteriores.

Dentro de los combustibles sólidos empleados en esta categoría se encuentran carbón bituminoso, carbón sub-bituminoso, coque, lignito, pizarra bituminosa, carbón duro, combustible manufacturado de patente y turba, para los cuales se tienen los factores de emisión presentados en la Tabla 10.

Tabla 10 Factores de emisión para combustibles sólidos en Industrias

Combustibles Sólidos				
Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
NO _x	173	g/GJ	150	200
CO	931	g/GJ	150	2.000
COVDM	88,8	g/GJ	10	300

SO_x	900	g/GJ	450	1.000
PM₁₀	117	g/GJ	60	240
PM_{2.5}	108	g/GJ	60	220
PST	124	g/GJ	70	250
CN		% de PM _{2.5}	2	26

Fuente: EEA, 2023

Dentro de los combustibles gaseosos se encuentran el gas natural y gas licuado de petróleo (GLP), empleados por parte de las industrias, cuyos factores de emisión se presentan en la Tabla 11.

Tabla 11 Factores de emisión para combustibles gaseosos en Industrias

Combustibles gaseosos				
Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
NO_x	74	g/GJ	46	103
CO	29	g/GJ	21	48
COVDM	23	g/GJ	14	33
SO_x	0,67	g/GJ	0,40	0,94
PM₁₀	0,78	g/GJ	0,47	1,09
PM_{2.5}	0,78	g/GJ	0,47	1,09
PST	0,78	g/GJ	0,47	1,09
CN	4,0	% de PM _{2.5}	2,1	7

Fuente: EEA, 2023

A su vez, los factores de emisión descritos en la Tabla 12 corresponden a combustibles líquidos, dentro de los que se encuentran los siguientes: Fuelóleo residual, materia prima de refinería, coque de petróleo, diésel, queroseno, nafta y petróleo de esquisto.

Tabla 12 Factores de emisión para combustibles líquidos en Industrias

Combustibles Líquidos				
Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
NO_x	513	g/GJ	308	718
CO	66	g/GJ	40	93
COVDM	25	g/GJ	15	35
SO_x	47	g/GJ	28	66
PM₁₀	20	g/GJ	12	28
PM_{2.5}	20	g/GJ	12	28
PST	20	g/GJ	12	28
CN	56	% de PM _{2.5}	33	78

Fuente: EEA, 2023

Para los energéticos descritos en la categoría de biomasa se encuentran los siguientes: madera, carbón vegetal, residuos vegetales (agrícolas), cuyos factores de emisión se presentan en la Tabla 13.

Tabla 13 Factores de emisión para combustión de biomasa en Industrias

Combustibles Biomasa				
Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
NO _x	91	g/GJ	20	120
CO	570	g/GJ	50	4.000
COVDM	300	g/GJ	5	500
SO ₂	5	g/GJ	8	40
PM ₁₀	143	g/GJ	71	285
PM _{2.5}	140	g/GJ	70	279
PST	150	g/GJ	75	300
CN		% de PM _{2.5}	11	39

Fuente: EEA, 2023

2.3.1 Industria de materiales de construcción (1.A.2.g.v)

La industria de materiales de construcción comprende las emisiones generadas por la combustión de combustibles fósiles o biomasa en procesos industriales destinados a la fabricación de insumos utilizados en edificaciones e infraestructura, tales como:

- Ladrillos.
- Tejas cerámicas.
- Bloques de cemento.
- Piezas de arcilla cocida.
- Otros productos constructivos de naturaleza similar.

Para esta categoría como resultado de la cooperación entre la Coalición de Clima y Aire limpio (CCAC), la Corporación Ambiental Empresarial (CAEM) y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente), en el año 2020 se determinaron una serie de factores de emisión, que permiten la estimación de Carbono Negro (CN), Monóxido de Carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂) y material particulado (PM_{2.5}) en esta industria ladrillera. Estos están clasificados de acuerdo con el tipo de combustible en unidades energéticas y unidades de peso, tipo de horno y cantidad producida.

La estimación de estos factores de emisión para el sector ladrillero en el país se hizo mediante la identificación de los combustibles, la tecnología y la medición en campo con

diferentes pruebas, las cuales permitieron obtener los factores de emisión como se presenta en la **Tabla 14** y **Tabla 15** para este sector (CAEM, 2020)

Tabla 14 Factores de emisión industria ladrillera por consumo de combustible (g contaminante/ MJ Combustible)

Tecnología	Combustible	PM _{2,5}	CN	CO	SO ₂
Túnel	CM o CB	0,3219 ± 0,0506	0,0058 ± 0,0013	1,4825 ± 0,2282	0,6198 ± 0,1046
Hoffman		0,0222 ± 0,0047	0,0059 ± 0,0011	0,8753 ± 0,1595	0,2921 ± 0,0533
Zig Zag		0,0278 ± 0,0045	0,0102 ± 0,0015	0,9743 ± 0,1956	0,4155 ± 0,0849
Cámaras		0,6671 ± 0,1220	0,0321 ± 0,0092	2,7057 ± 0,9597	1,2763 ± 0,4347
Colmena		0,2717 ± 0,0446	0,0296 ± 0,0048	0,8140 ± 0,2486	0,2846 ± 0,1046
Fuego dormido		0,4353 ± 0,0644	0,0021 ± 0,0007	9,9166 ± 1,9153	1,0607 ± 0,1403
Túnel	GN	0,2335 ± 0,2356	0,0000 ± 0,0000	6,8404 ± 6,8831	0,5484 ± 0,5783
Hoffman	Biomasa	3,2492 ± 0,2218	0,0162 ± 0,0052	4,9672 ± 1,4403	0,1879 ± 0,0592
Vagón		0,0874 ± 0,0059	0,0003 ± 0,0001	0,1956 ± 0,0613	0,0080 ± 0,0079
Pampa		1,3342 ± 0,3344	0,0150 ± 0,0057	2,9622 ± 1,0872	0,1032 ± 0,0660
Túnel	CM/GN o CM/BM	5,9716 ± 0,8863	0,0173 ± 0,0024	41,2673 ± 3,6393	1,0588 ± 0,2810
Hoffman		1,7994 ± 0,1305	0,5706 ± 0,0933	126,7796 ± 12,7314	1,7134 ± 1,9208

CM: Carbón Mineral, CB: Carbón bituminoso, GN: Gas Natural, CM/GN: Mezcla de Carbón Gas Natural, CM/BM: Mezcla de carbón y Biomasa

Fuente: CAEM, 2020

Tabla 15 Factores de emisión industria ladrillera por producción (g contaminante / kg Ladrillo producido)

Tecnología	Combustible	PM _{2,5}	CN	CO	SO ₂
Túnel	CM o CB	0,6048 ± 0,0990	0,0113 ± 0,0025	2,7992 ± 0,4572	1,1201 ± 0,2009
Hoffman		0,0223 ± 0,0065	0,0052 ± 0,0015	0,7972 ± 0,2162	0,2440 ± 0,0646
Zig Zag		0,0265 ± 0,0070	0,0091 ± 0,0024	0,9875 ± 0,2923	0,4052 ± 0,1222
Cámaras		1,4824 ± 0,3123	0,1097 ± 0,0328	7,5586 ± 3,2729	3,3433 ± 1,4667
Colmena		0,9642 ± 0,1782	0,1354 ± 0,0220	3,4011 ± 0,8878	1,0610 ± 0,3649
Fuego dormido		1,0163 ± 0,1600	0,0036 ± 0,0011	23,6212 ± 5,0235	2,4675 ± 0,3508
Túnel	GN	0,0068 ± 0,0078	0,0000 ± 0,0000	0,1986 ± 0,2289	0,0159 ± 0,0190

Tecnología	Combustible	PM _{2,5}	CN	CO	SO ₂
Hoffman	Biomasa	0,2294 ± 0,0372	0,0007 ± 0,0001	1,1934 ± 0,4415	0,0308 ± 0,0145
Vagón		0,0647 ± 0,0187	0,0205 ± 0,0067	3,4331 ± 2,1119	0,0464 ± 0,0640
Pampa		0,2270 ± 0,0885	0,0343 ± 0,0131	6,7690 ± 2,5034	0,2440 ± 0,1558
Túnel	CM/GN o	0,1694 ± 0,0547	0,0004 ± 0,0002	1,1934 ± 0,4415	0,0308 ± 0,0145
Hoffman	CM/BM	0,0487 ± 0,0298	0,0155 ± 0,0097	3,4331 ± 2,1119	0,0464 ± 0,0640

CM: Carbón Mineral, CB: Carbón bituminoso, GN: Gas Natural, CM/GN: Mezcla de Carbón Gas Natural, CM/BM: Mezcla de carbón y Biomasa

Fuente: CAEM, 2020

De igual manera a nivel local, la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) ha desarrollado y actualizado factores de emisión para este sector en el marco del Plan Decenal de Descontaminación del Aire para Bogotá, especialmente para fuentes fijas donde se encuentran los hornos ladrilleros. Con base en esta información, se presentan a continuación en la tabla 16 los factores de emisión para estimar las emisiones asociadas al consumo de combustibles en este proceso industrial.

Tabla 16 Factores de emisión para el consumo de combustibles en procesos industriales

Tecnología	Combustible	Unidades	PM ₁₀	NO _x	SO ₂	CO	COV
Horno ladrillero	Carbón	g/kg	1,272E+01	4,560E+00	1,208E+01	6,250E+00	4,800E-01
Horno ladrillero	Gas natural	mg/m ³	1,218E+02	1,507E+03	9,620E+00	6,411E+02	8,815E+01

Fuente: SDA, 2025

2.3.2 Fuentes Móviles Terrestres de uso Fuera de Carretera (1.A.2.g.vii)

Dentro de esta categoría se incluyen las emisiones derivadas del consumo de combustibles fósiles en motores de combustión interna instalados en fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera (FMFC), también conocidas en los manuales internacionales como maquinaria fuera de ruta. Esta categoría, se refiere a equipos utilizados en actividades industriales, de construcción y agrícola, que funcionan fuera de las vías públicas. Dentro de estos equipos se contemplan fuentes móviles como excavadoras, cargadores frontales, motoniveladoras, bulldozers y retroexcavadoras, grúas, montacargas, equipos de movimiento de tierras, entre otros.

A continuación, en la Tabla 17 se describen los factores de emisión, en el nivel 1, para el combustible diésel para la estimación de emisiones de fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera.

Tabla 17 Factores de emisión para FMFC que utilizan combustible diésel

Rubro ⁴	Contaminante	g/ton de combustible
1.A.4.c.ii-Agricultura	CN	1.111
	CO	11.469
	NO _x	34.457
	PM ₁₀	1.913
	PM _{2.5}	1.913
	PST	1.913
	COVDM	3.542
1.A.4.c.ii-Silvicultura	CN	626
	CO	7.673
	NO _x	28.471
	COVDM	1.997
	PM ₁₀	943
	PM _{2.5}	943
	PST	943
1.A.2.g.vii Combustión móvil en industrias manufactureras y de construcción y 1.A.4.a.ii Comercial/institucional: Móvil	CN	1.306
	CO	10.774
	NO _x	32.629
	COVDM	3.377
	PM ₁₀	2.104
	PM _{2.5}	2.104
	PST	2.104

Fuente: EEA, 2023

Para el caso de las fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera que utilizan Gas Licuado de Petróleo (GLP), los factores de emisión se presentan en la Tabla 18, los cuales fueron tomados del EMEP/EEA *Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023*. Estos factores resultan aplicables a las distintas clasificaciones establecidas en las directrices del IPCC 2006 y sus refinamientos de 2019, garantizando coherencia metodológica en la estimación de emisiones para esta categoría.

⁴ Rubro: Corresponde a la agrupación de FMFC en actividades como construcción, minería, agricultura e industria

Tabla 18 Factores de emisión para FMFC que utilizan combustible GLP

Combustible GLP			
Rubro	Contaminante	Valor	Unidades
1.A.2.g.vii. 1.A.4.a.ii, 1.A.4.b.ii y 1.A.4.c.ii	CN	11	g/ton de combustible
	CO	4.823	g/ton de combustible
	NO _x	28.571	g/ton de combustible
	PM ₁₀	225	g/ton de combustible
	PM _{2.5}	225	g/ton de combustible
	PST	225	g/ton de combustible
	COVDM	6.720	g/ton de combustible

Fuente: EEA, 2023

En el caso de las fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera, las Directrices del IPCC 2006 y sus Refinamientos 2019 establecen una clasificación de los motores en dos categorías principales: motores de 2 tiempos y motores de 4 tiempos. En concordancia con esta clasificación, el EMEP/EEA *Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023* presenta los factores de emisión correspondientes a motores de 4 tiempos que utilizan gasolina como combustible, los cuales se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19 Factores de emisión para FMFC que utilizan combustible gasolina

Combustible Gasolina			
Rubro	Contaminante	Valor	Unidades
1.A.2.g.vii, 1.A.4.a.ii, 1.A.4.b.ii y 1.A.4.c.ii	CN	8	g/ton de combustible
	CO	770.368	g/ton de combustible
	NO _x	7.117	g/ton de combustible
	PM ₁₀	157	g/ton de combustible
	PM _{2.5}	157	g/ton de combustible
	PST	157	g/ton de combustible
	COVDM	18.893	g/ton de combustible

Fuente: EEA, 2023

2.4 Transporte (1.A.3.)

La categoría “Transporte (1.A.3.)”, de acuerdo con las Directrices del IPCC (IPCC, 2006b), comprende las emisiones generadas por la combustión de combustibles en fuentes móviles utilizadas para el transporte de personas y mercancías. En el marco del presente documento, esta categoría incluye el transporte terrestre por carretera, el transporte ferroviario y la navegación marítima y fluvial.

Las emisiones asociadas a estas actividades se caracterizan principalmente por la liberación de contaminantes criterio y contaminantes climáticos de vida corta (CCVC), entre

los que se destacan los óxidos de nitrógeno (NO_x), el monóxido de carbono (CO), los hidrocarburos totales o compuestos orgánicos volátiles distintos del metano (HCT/COVDM), el material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}), el número de partículas (NP) y el carbono negro (CN). La magnitud y composición de estas emisiones dependen del tipo de combustible empleado, la tecnología del motor, la normativa de emisión aplicable, las condiciones de circulación y factores locales como la altitud y el mantenimiento vehicular, aspectos que son abordados mediante los factores de emisión recopilados y sistematizados en diferentes estudios como los presentados en AMVA & UdeA, 2019; y UPME & UdeA, 2020.

2.4.1 Transporte terrestre (1.A.3.b)

De acuerdo con las directrices del IPCC (2006 y sus actualizaciones), la categoría “1.A.3.b - Transporte por carretera” pertenece al sector energía y abarca las emisiones de contaminantes originadas por la combustión de combustibles en vehículos terrestres, así como por las pérdidas evaporativas de combustibles líquidos. Esta categoría incluye diversos tipos de fuentes móviles, como automóviles, camionetas, camiones, autobuses y motocicletas.

- 1A3b i: automóviles privados.
- 1A3b ii: camiones ligeros y vehículos utilitarios.
- 1A3b iii: camiones pesados y autobuses.
- 1A3b iv: Motocicletas.

Históricamente en Colombia, las fuentes móviles son las que representan el mayor aporte de emisiones contaminantes en áreas urbanas, como lo muestran los inventarios de emisiones de las principales ciudades del país. Considerando la importancia de este sector, la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) ha desarrollado una serie de factores de emisión para diferentes tipologías de vehículos (Ideam et al., 2024).

Estos factores de emisión fueron diseñados para diferentes categorías vehiculares, ciudades del país y según el combustible (diésel o gasolina) dependiendo de la categoría. Dentro de los contaminantes descritos se encuentran los Hidrocarburos totales (HCT), Material Particulado (PM) y Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de nitrógeno (NO_x), entre otros.

La metodología empleada para la estimación de estos factores de emisión, desarrollada por la Universidad de Antioquia en convenio con la Unidad de Planeación Minero-Energética, se estructuró en varias fases sucesivas. En una primera fase, se llevó a cabo la caracterización del parque automotor a nivel nacional, considerando criterios de

representatividad, composición tecnológica y nivel de actividad de las distintas categorías vehiculares. Posteriormente, se realizó la evaluación y selección de ciclos de conducción específicos para cada tipología de vehículo, incluyendo motocicletas, vehículos livianos, buses, camiones y tractocamiones, con el fin de reflejar de manera adecuada las condiciones reales de operación.

En una fase posterior, se efectuaron mediciones de emisiones tanto en condiciones de laboratorio como en pruebas en campo, evaluando el desempeño ambiental de las diferentes clasificaciones vehiculares bajo escenarios reales de conducción. Estas mediciones se llevaron a cabo en distintas zonas del país, incluyendo ciudades representativas como Barranquilla, Bucaramanga y Bogotá, lo que permitió incorporar la variabilidad asociada a factores locales como la altitud, el tipo de combustible y las condiciones de circulación. Los resultados obtenidos sirvieron como base para la construcción de factores de emisión diferenciados por categoría vehicular, tecnología y contexto operativo (UPME & UdeA, 2020)

Las diferentes fases de elaboración de estos factores de emisión se encuentran descritos en las siguientes referencias:

- Fase 1: Determinación de los ciclos de conducción de fuentes móviles de carretera para Colombia (UPME & UdeA, 2020)
- Fase 2: Determinación de los factores de emisión de vehículos pesados de carga (camiones y tractocamiones) a la altitud del área metropolitana de Bucaramanga (UPME & UdeA, 2021)
- Fase 3: Determinación de los factores de emisión de vehículos livianos y motocicletas para Colombia (UPME & UdeA, 2023)

2.4.1.1 Vehículos de Carga y pesados

Factores de emisión vehículos pesados altura Bucaramanga:

De acuerdo con el estudio del FECOC+ en su Fase 2.1 se estimaron diferentes factores de emisión para vehículos pesados a la altura de Bucaramanga, en el cual se incluyeron diferentes emisiones de contaminantes como lo son material particulado (PM), óxidos de nitrógeno (NOx), hidrocarburos totales (HCT), monóxido de carbono (CO) y número de partículas (NP). (UPME & UdeA, 2021), los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 20 Factores de emisión para vehículos pesados de carga -diésel altitud Bucaramanga.

Categoría	Modelo	Norma de emisión	Cilindraje(cm ³)	Peso bruto Vehicular (t) o capacidad (pasajeros)	NOx (g/km)	CO (g/km)	HCT (g/km)	PM (mg/km)	NP x10e12 (#/km)
C2 liviano	2006	Euro II	2.771	< a 3 (t)	5,72	4,69	1,48	339,0	49,50
	2011	Euro II	2.771		3,39	2,55	2,04	245,0	71,55
	2016	Euro IV	2.999		2,59	1,98	0,55	41,4	2,67
C2 mediano	2018	Euro IV	5.192	< a 5 (t)	4,64	11,15	1,51	123,0	43,80
Buses	2006	Euro II	2.771	20 pasajeros	5,87	5,05	1,74	303,0	52,40
	2011	Euro II	2.771		3,65	2,59	2,63	245,30	72,00
	2016	Euro IV	2.999		2,58	2,41	0,70	41,27	30,33
	2018	Euro IV	5.192	40 pasajeros	4,90	15,10	1,93	138,40	39,40
Camiones de 2 ejes C2 grande	2012	Euro II	7.790	< a 10 (t)	8,32	2,51	0,89	168,90	45,94
	2015	Euro II	8.270		8,84	7,67	1,91	1.493,7	263,52
	2021	Euro IV	7.790		6,69	2,59	0,56	67,40	51,58
	2022	Euro V	7.684		8,47	13,37	0,12	130,19	69,15
Tractocamiones C2S2	2012	Euro II	13.000	< 35 (t)	24,79	3,62	0,78	162,50	48,83
	2013	EPA 98	14.945		25,01	17,07	0,83	1392,03	0,38
	2020	Euro V	12.777		10,44	13,32	0,21	165,97	22,88
	2020	Euro V	12.777		10,97	11,69	0,15	126,95	87,86

Fuente: UPME & UdeA, 2021

Factores de emisión vehículos pesados altura Bogotá:

De acuerdo con el estudio del FECOC+ en su Fase 2.2 se estimaron diferentes factores de emisión para vehículos pesados a la altura de Bogotá, en la que se contemplaron emisiones de contaminantes como lo son material particulado (PM), óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos totales (HCT), monóxido de carbono (CO) y número de partículas (NP), los cuales se muestran en la tabla 21.

Tabla 21 Factores de emisión para vehículos pesados de carga -diésel altitud Bogotá

Categoría	Norma de emisión	Peso bruto Vehicular (t) o capacidad (pasajeros)	NO _x (mg/km)	CO (g/km)	HC (g/km)	PM (mg/km)	NP x 10 ¹² #/km
(Tractocamiones C3S2)	EPA 98	26-28 (t)	17,35	68,12	0,25	1.543,6	177,4
	Euro V		6,62	7,28	0,19	48,2	195,4
Camiones grandes de dos ejes C2G	Pre Euro	14,7 (t)	8,21	20,29	0,31	114,80	189,12
	Euro II	8 (t)	5,21	7,72	n,d,	84,66	205,20
	Euro IV	14,6 (t)	7,03	9,89	0,13	38,44	128,60
Camiones medianos de dos ejes C2M	Euro V	6 (t)	4,86	NO	n,d,	30,88	89,50
(Camión de dos ejes pequeño C2P)	Pre Euro	5 (t)	4,99	4,96	0,22	103,29	105,33
	Euro IV		2,36	4,64	0,24	31,65	66,31
Autobuses urbanos	Pre Euro	20 pasajeros	4,03	6,39	0,21	51,28	98,75
	Euro IV		2,74	4,81	0,27	39,23	78,68
	Euro IV	38 pasajero	4,99	5,43	n,d,	18,72	69,69

n.d.: No disponible

Fuente: UPME & UdeA, 2021

Factores de emisión vehículos pesados altura Barranquilla:

De acuerdo con el estudio del FECOC+ 2.2 se estimaron diferentes factores de emisión para vehículos pesados a la altura de Barranquilla en la que se contemplaron emisiones de contaminantes como lo son material particulado (PM), óxidos de nitrógeno (NOx), hidrocarburos totales (HCT), monóxido de carbono (CO) y número de partículas (NP), estos se presentan en la tabla 22.

Tabla 22 Factores de emisión para vehículos pesados de carga -diésel altitud Barranquilla.

Categoría	Norma de emisión	Peso bruto Vehicular (t) o capacidad (pasajeros)	NOx (g/km)	CO (g/km)	HC (g/km)	PM (mg/km)	NP x 10 ¹² #/km
Tractocamiones C3S2	EPA 98	26-28 (t)	15,50	13,41	0,15	621,6	340,5
	Euro V		11,53	5,63	0,07	58,7	192,0
Camión grande de dos ejes C2G	Euro II	13 (t)	8,05	4,31	0,17	72,60	217,81
	Euro IV	13,9 (t)	9,16	7,69	0,14	28,88	110,15
Camión de dos ejes pequeño	pre Euro	5 (t)	3,82	1,75	0,07	32,62	92,46
	Euro IV		1,99	1,28	0,05	9,42	41,82
Autobuses urbanos	Pre Euro	20 pasajeros	4,02	1,86	0,08	41,81	100,93
	Euro IV		2,11	1,17	0,05	9,58	43,08
	Euro IV	38 pasajeros	4,05	2,63	0,04	14,70	56,25

Fuente: UPME & UdeA, 2021

De igual forma, otra referencia de factores de emisión locales es la realizada en el año 2019 por parte del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) en asociación con la Universidad de Antioquia (UdeA) las cuales desarrollaron una serie de factores de emisión para buses, busetas, camiones y volquetas, permitiendo caracterizar: óxidos de nitrógeno (NOx), hidrocarburos totales (HCT), monóxido de carbono (CO) y PM_{2,5} y PM₁₀. Esta estimación de factores de emisión se realizó mediante la caracterización vehicular y la medición directa de un grupo de vehículos, teniendo control sobre variables como

ciclos de conducción, rendimientos, rutas vehiculares y kilómetros recorridos (AMVA & Udea, 2019). Estos factores de emisión se presentan en la **Tabla 23**.

Tabla 23 Factores de emisión para vehículos pesados de carga -diésel.

Categoría	Norma de emisión	Cilindraje (cm ³)	Peso bruto Vehicular (ton) o capacidad (pasajeros)	CO (g/km)	HCT (g/km)	NO _x (g/km)	PM _{2,5}	PM ₁₀
Buses	2009 Euro II	7.560	37 pasajeros	7,04	0,76	2,47	741	1.010
	2016 Euro IV	5.193	19 pasajeros	6,61	0,79	5,78	187	530
	2003 Pre-Euro	4.570	28 pasajeros	6,29	0,89	5,25	1.515	2.870
	2016 Euro IV	5.193	42 pasajeros	8,24	0,67	4,41	503	2.160
Camiones	2017 Euro V	6.692	10 (t)	4,46	0,09	4,89	381	1.580
	2006 Pre-Euro	2.771	2,65 (t)	6,78	0,95	---	332	1.150
	2016 Euro IV	2.999	2,45 (t)	2,30	0,27	---	71	220
Volqueta	2018 Euro IV	7.790	10 (t)	10,55	0,69	---	116	650
Camión GC	1993 Pre-Euro	6.000	10 (t)	39,31	1,18	5,53	7.527	15.880
Volqueta GC	1995 Pre-Euro	6.000	10 (t)	36,79	2,82	---	5.714	20.930

Fuente: AMVA & Udea, 2019

2.4.1.2 Vehículos Livianos

Dentro del mismo estudio realizado por parte del Área Metropolitana del Valle de Aburrá en asociación con la Universidad de Antioquia, se desarrollaron una serie de factores de emisión para vehículos livianos donde se caracterizaron los contaminantes nitrógeno (NO_x), hidrocarburos totales (HCT), monóxido de carbono (CO) y PM_{2,5}, los cuales se muestran en la Tabla 24:

Tabla 24 Factores de emisión para vehículos livianos.

Categoría	Cilindraje cm ³	Norma de emisión	CO (g/km)	NO _x (g/km)	PM _{2,5} (g/km)	HCT (g/km)
Vehículos livianos (Gasolina)	1.000	Monopunto, Catalizador, 8 válvulas	3,70	0,79	4,14	0,992
	1.600	Multipunto, Catalizador, 16 válvulas	2,72	0,22	1,49	0,067
	2.700	Multipunto, Catalizador, 16 válvulas, VVT	1,05	0,18	0,29	0,092
	2.000	Inyección, Directa Gasolina, Catalizador, 16 valvulas	0,43	0,02	0,19	0,024
Vehículos livianos (Diésel)	2.500	pre-EURO	1,64	1,87	47,34	1,602
	3.000	EURO 2	1,38	2,30	5,60	0,491
	2.500	EURO 4	1,23	1,96	33,97	0,267
	3.780	EURO 4	2,60	4,24	11,24	0,396

Fuente: AMVA & Udea, 2019

Otra fuente de información de factores de emisión para vehículos livianos, son aquellos desarrollados por el programa FECOC+, el cual estableció valores representativos para el contexto colombiano a partir de campañas experimentales. Estos factores fueron determinados mediante ensayos en banco de rodillos, utilizando ciclos de conducción locales y equipos de medición a bordo (PEMS, por sus siglas en inglés), lo que permitió cuantificar emisiones de gases y contaminantes tales como NO₂, CO, NO_x, NP, hidrocarburos y material particulado bajo condiciones controladas que simulan la operación real, ver tabla 25. Asimismo, la estimación de los factores incorpora variables relevantes como la tecnología del motor (inyección multipunto, directa, entre otras), el tipo de

transmisión, la cilindrada y el modelo del vehículo, asegurando una adecuada representatividad del parque automotor liviano en Colombia (UPME & UdeA, 2023).

Tabla 25 Factores de emisión para Vehículos livianos – FECOC+

Contaminante	Valor	Unidades
CO	2,2	(g/km)
HC	130	(mg/km)
NO	170	(mg/km)
NO ₂	40,5	(mg/km)
PM	2,7	(mg/km)
NP	8,04	NP x 10 ¹² #/km

Fuente: UPME & UdeA, 2023

2.4.1.3 Motocicletas

En el referido estudio del Área Metropolitana del Valle de Aburrá se desarrollaron igualmente una serie de factores de emisión para motocicletas, en los cuales se caracterizaron contaminantes como óxidos de nitrógeno (NO_x), hidrocarburos totales (HCT), monóxido de carbono (CO) y material particulado (PM_{2,5}), los cuales se muestran en la Tabla 26.

Tabla 26 Factores de emisión para Motocicletas AMVA

Categoría	Cilindraje (cm ³)	Norma de emisión	CO (g/km)	NO _x (g/km)	PM _{2,5} (g/km)	HCT (g/km)
Motocicletas (Inyección electrónica)	125	EURO 3	0,99	0,071	0,07	0,029
	150		2,99	0,094	0,10	0,074
Motocicletas (Carburador)	125	EURO 2	14,17	0,223	1,43	0,595
	150		25,10	0,024	0,38	0,617
	100		4,60	0,509	0,27	0,562
	110		7,75	0,352	0,15	0,346
	125		20,50	0,480	6,94	0,868
	200		13,69	0,210	3,39	1,011

Fuente: AMVA & Udea, 2019

Al igual que para las categorías anteriores, en el marco del programa FECOC+, se estimaron factores de emisión para motocicletas. Estos factores fueron determinados mediante diferentes pruebas, lo que permitió cuantificar emisiones de contaminantes como NO₂, CO, NO, hidrocarburos y material particulado (UPME & UdeA, 2023) y se presentan en la tabla 27.

Tabla 27 Factores de emisión para Motocicletas - FECOC+

Contaminante	Valor	Unidades
CO	7,6	(g/km)
HC	378	(mg/km)
NO	64	(mg/km)
NO ₂	0,65	(mg/km)
PM	0,68	(mg/km)
PN	2	NP x 10 ¹² #/km

Fuente: UPME & UdeA, 2023

2.4.2 Ferrocarriles (1.A.3.c)

En el país no se cuenta con factores de emisión específicos para el transporte ferroviario, tanto en el caso de las rutas de carga como en las de pasajeros, lo cual puede limitar la posibilidad de caracterizar con mayor precisión las emisiones asociadas a este subsector del transporte. No obstante, al igual que en categorías anteriores, se presentan a continuación los factores de emisión de referencia propuestos en el EMEP/EEA *Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023*, correspondientes a la metodología Tier 1. Dichos factores, aplicables de manera general a los diferentes tipos de combustibles empleados en la operación ferroviaria (EEA, 2023a), se presentan en la Tabla 28,

Tabla 28 Factores de emisión para Ferrocarriles

Combustible Gas Oil/Diésel				
Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
NO _x	52,4	g/GJ	25	93
CO	10,7	g/GJ	6	19
COVDM	4,65	g/GJ	2	8
PM ₁₀	1,44	g/GJ	2	16
PM _{2.5}	1,37	g/GJ	2	14
PST	1,52	g/GJ	3	23
CN	0,65	% de PM _{2.5}		

Fuente: EEA, 2023

2.4.3 Navegación marítima y fluvial (1.A.3.d)

De acuerdo con las Directrices del IPCC 2006, la categoría “1.A.3.d - Transporte marítimo y fluvial” contempla las emisiones provenientes del consumo de combustibles utilizados para la propulsión de naves marítimas y fluviales. Esta categoría abarca tanto la navegación nacional, es decir, la realizada entre puertos dentro del territorio del país como la

navegación internacional, correspondiente a los denominados emisiones bunker. Considerando que en el país no se cuenta con factores de emisión específicos para esta categoría, a continuación, en la Tabla 29, se presenta como referencia los factores de emisión provenientes de la EMEP/EEA *Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023*:

Tabla 29 Factores de emisión para Navegación marítima y fluvial

Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
NO_x	72,2	kg/ton de combustible	0	0
CO	3,84	kg/ton de combustible	0	0
SO₂	1,82	kg/ton de combustible	0	0
COVDM	1,75	kg/ton de combustible	0	0
PM₁₀	1,07	kg/ton de combustible	0	0
CN	0,0483	% de PM _{2.5}	0	0

Fuente: EEA, 2023

2.5 Otros sectores (1.A.4)

De acuerdo con las Directrices del IPCC 2006 y sus Refinamientos 2019, la categoría “1.A.4 Otros sectores” agrupa las emisiones derivadas de la combustión de combustibles en actividades distintas de la generación de energía, la industria y el transporte. Esta categoría se organiza en dos subcategorías: **Comercial e institucional (1.A.4.a)** y **Residencial (1.A.4.b)** Como referencia en este documento, para esta categoría se muestran los factores de emisión de la EEA (2023).

Comercial e institucional (1.A.4.a)

Comprende el consumo de energía en edificaciones y servicios de carácter no industrial ni residencial. Se incluyen hospitales, escuelas, oficinas, edificios gubernamentales y establecimientos comerciales. El uso de combustibles fósiles y biomasa en estas instalaciones se asocia principalmente con calefacción, cocción y generación de energía térmica o eléctrica para autoconsumo (EEA, 2023f)

Para esta actividad se incluyen los factores de emisión de nivel Tier 1 asociados a la combustión de combustibles sólidos utilizados en edificaciones comerciales, institucionales y de servicios. Los combustibles considerados comprenden carbón de coque, otros carbones bituminosos, carbón sub-bituminoso, coque, lignito, esquisto bituminoso y turba, cuyos factores de emisión son los descritos en la **Tabla 30**.

Tabla 30 Factores de emisión para comercial institucional que emplean carbón

Combustible Carbón				
Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
NO _x	173	g/GJ	150	200
CO	931	g/GJ	150	2.000
COVDM	88,8	g/GJ	10	300
SO _x	900	g/GJ	450	1.000
PST	124	g/GJ	70	250
PM ₁₀	117	g/GJ	60	240
PM _{2.5}	108	g/GJ	60	220
CN	6,4	% de PM _{2.5}	2	26

Fuente: EEA, 2023

En la subcategoría Comercial e Institucional (1.A.4.a), las emisiones derivadas del uso de combustibles gaseosos, se encuentran la combustión de gas natural, gas natural licuado (GNL) y gas licuado de petróleo (GLP). Los factores de emisión de nivel Tier 1 correspondientes a estos combustibles se presentan en la **Tabla 31**.

Tabla 31 Factores de emisión para comercial institucional que emplean combustibles gaseosos

Combustible gaseoso				
Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
NO _x	74	g/GJ	46	103
CO	29	g/GJ	21	48
COVDM	23	g/GJ	14	33
SO _x	0,67	g/GJ	0,40	0,94
PST	0,78	g/GJ	0,47	1,09
PM ₁₀	0,78	g/GJ	0,47	1,09
PM _{2.5}	0,78	g/GJ	0,47	1,09
CN	4,0	% de PM _{2.5}	2,1	7

Fuente: EEA, 2023

Para la subcategoría 1.A.4.a - Comercial e Institucional, las emisiones derivadas del consumo de combustibles líquidos provienen de la combustión de fuelóleo residual, materia prima de refinería, coque de petróleo, gasóleo, queroseno, nafta y petróleo de esquisto. Los factores de emisión Tier 1 correspondientes a estos combustibles se presentan en la **Tabla 32**.

Tabla 32 Factores de emisión para comercial institucional que emplean combustibles líquidos

Combustibles Líquidos				
Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
NO _x	150	g/GJ	59	1.319
CO	93	g/GJ	2	200
COVDM	20	g/GJ	0,018	70
SO _x	94	g/GJ	28	140
PST	21	g/GJ	6	42
PM ₁₀	21	g/GJ	0,75	80
PM _{2.5}	18	g/GJ	0,75	80
CN	56	% de PM _{2.5}	20	100

Fuente: EEA, 2023

Residencial (1.A.4.b)

Incluye el consumo de combustibles en los hogares para calefacción, cocción, calentamiento de agua y funcionamiento de pequeños equipos. Los principales energéticos considerados son leña, carbón vegetal, residuos vegetales, gas licuado de petróleo (GLP), queroseno, gas natural y electricidad. En esta subcategoría destacan las emisiones de contaminantes climáticos de vida corta (CCVC), como el carbono negro y el metano, producto de la combustión incompleta de biomasa.

Para esta actividad se incluyen una serie de factores de emisión Tier 1 correspondientes a la quema de carbón de coque, otro carbón bituminoso, carbón sub-bituminoso, coque, lignito, esquisto bituminoso, turba, presentados en la **Tabla 33**.

Tabla 33 Factores de emisión para plantas residenciales que emplean combustibles sólidos

Combustible Carbón				
Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
NO _x	110	g/GJ	36	200
CO	4.600	g/GJ	3.000	7.000
COVDM	484	g/GJ	250	840
SO _x	900	g/GJ	300	1.000
PST	444	g/GJ	80	600
PM ₁₀	404	g/GJ	76	480
PM _{2.5}	398	g/GJ	72	480
CN	6,4	% de PM _{2.5}	2	26

Fuente: EEA, 2023

En cuanto a las emisiones que son generadas a partir de combustibles gaseosos como el gas natural, gas natural licuado y gas licuado de petróleo, los factores de emisión para la subcategoría 1.A.4.b se presentan en la **Tabla 34**.

Tabla 34 Factores de emisión para plantas residenciales que emplean combustibles gaseosos

Combustibles Gaseosos				
Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
NO _x	51	g/GJ	31	71
CO	26	g/GJ	18	42
COVDM	1,9	g/GJ	1,1	2,6
SO _x	0,3	g/GJ	0,2	0,4
PST	1,2	g/GJ	0,7	1,7
PM ₁₀	1,2	g/GJ	0,7	1,7
PM _{2.5}	1,2	g/GJ	0,7	1,7
CN	5,4	% de PM _{2.5}	2,7	11

Fuente: EEA, 2023

Dentro de los combustibles líquidos contemplados en la subcategoría 1.A.4.b emisiones por consumo de combustible residencial, se encuentran: fuelóleo residual, materia prima de refinería, coque de petróleo, gasóleo, queroseno, nafta, petróleo de esquisto. Los factores de emisión correspondientes se presentan en la **Tabla 35**.

Tabla 35 Factores de emisión para plantas residenciales que emplean combustibles líquidos

Combustibles Líquidos				
Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
NO _x	51	g/GJ	31	72
CO	57	g/GJ	34	80
COVDM	0,69	g/GJ	0,4	1,0
SO _x	70	g/GJ	42	97
PST	1,9	g/GJ	1,1	2,6
PM ₁₀	1,9	g/GJ	1,1	2,6
PM _{2.5}	1,9	g/GJ	1,1	2,6
CN	8,5	% de PM _{2.5}	4,8	17

Fuente: EEA, 2023

Ahora bien, los factores de emisión para biomasa presentados en la **Tabla 36** correspondientes a la categoría “1.A.4 otros sectores” comprenden las siguientes fuentes: Madera, pellets de madera, carbón vegetal, residuos vegetales (agrícolas).

Tabla 36 Factores de emisión para combustible biomasa

Combustible Biomasa				
Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
NO _x	50	g/GJ	30	150
CO	4.000	g/GJ	1.000	10.000
COVDM	600	g/GJ	20	3.000
SO _x	11	g/GJ	8	40
PST	800	g/GJ	400	1.600
PM ₁₀	760	g/GJ	380	1.520
PM _{2.5}	740	g/GJ	370	1.480
CN	10	% de PM _{2.5}	2	20

Fuente: EEA, 2023

2.6 Emisiones Fugitivas Combustibles Sólidos (1.B.1)

La categoría 1.B.1 comprende las emisiones fugitivas asociadas a las operaciones de extracción, procesamiento, transporte y almacenamiento de carbón. Estas emisiones se originan por la liberación del gas contenido en las vetas carboníferas y en los materiales adyacentes durante las diferentes fases del ciclo minero. De acuerdo con las Directrices del IPCC 2006 y sus refinamientos la minería de carbón y manejo de carbón (1.B.1.a) incluye:

- Minas subterráneas (1.B.1.a.i), donde las emisiones provienen de la ventilación y desgasificación de minas en operación o cerradas.
- Minas a cielo abierto (1.B.1.a.ii), asociadas a la remoción del material estéril y manipulación del carbón.

Esta categoría se clasifica dentro del sector Energía, pero se considera de tipo no energético, dado que las emisiones no derivan de procesos de combustión, sino de mecanismos físicos de liberación de gas. Los métodos de estimación se estructuran en niveles Tier 1 a Tier 3, dependiendo de la disponibilidad de datos geológicos, de producción y de características específicas de las minas y sus factores de emisión relacionados con la calidad del aire se pueden observar en la **Tabla 37**. Aunque para el caso de Colombia de acuerdo con el BTR-1 debe contarse con una mejora de la información.

Tabla 37 Factores de emisión para emisiones fugitivas minería de carbón cielo abierto

Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
Minería de Carbón Cielo Abierto				
COVDM	0,2	kg/Mg de carbón producido	0	0,5
PST	0,082	kg/Mg de carbón producido	0,0082	0,82
PM ₁₀	0,039	kg/Mg de carbón producido	0,0039	0,39
PM _{2.5}	0,006	kg/Mg de carbón producido	0,0006	0,06
Minería de Carbón Subterránea				
COVDM	3	kg/Mg de carbón producido	0	6,4

Fuente: EEA, 2023

3 Procesos industriales y uso de productos

La categoría Procesos industriales y uso de productos (IPPU, por sus siglas en inglés), conforme a las Directrices del IPCC 2006, comprende las emisiones derivadas de procesos químicos y físicos distintos de la combustión de combustibles. Estas emisiones no se originan en el uso energético, sino en transformaciones industriales de materiales o en el uso y disposición final de productos que liberan contaminantes durante su ciclo de vida.

Dado que para esta categoría no se dispone actualmente de factores de emisión desarrollados a nivel local, se presentan como referencia los factores de emisión reportados en la guía *EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2023*, los cuales son ampliamente utilizados a nivel internacional. Estos factores deben ser interpretados como valores de referencia y su aplicación está sujeta a la disponibilidad de información específica de actividad y a la representatividad de las condiciones tecnológicas y operativas locales.

3.1 Productos Minerales (2A)

De acuerdo con el IPCC, la categoría “2.A - Productos Minerales” comprende las emisiones derivadas de los procesos de transformación química o térmica de minerales naturales

empleados en la producción de materiales como cemento, cal, vidrio y otros productos inorgánicos. Estas emisiones se generan principalmente por la descomposición térmica de carbonatos (CaCO_3 , MgCO_3 , Na_2CO_3) durante las etapas de calcinación o fusión, lo que da lugar a la liberación de carbono negro y contaminantes criterio.

3.1.1 Producción de cemento (2.A.1)

La categoría 2.A.1 comprende las emisiones de proceso derivadas de la producción de clínker, componente principal del cemento. Estas emisiones se generan durante la calcinación de la piedra caliza (CaCO_3) y otros carbonatos utilizados como materia prima en los hornos cementeros, donde se transforman en óxido de calcio (CaO) para formar el clínker (EEA, 2023b).

Para el caso de esta categoría de acuerdo con la IPCC, 2019, se establece que el nivel Tier 1 emplea factores de emisión estándar basados en la producción total de clínker o, cuando esta no está disponible, en la producción total de cemento ajustada por el contenido de clínker tal como se observa en la **Tabla 38**.

Tabla 38 Factores de emisión para producción de cemento

Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
PST	260	g/Mg clínker	130	520
PM ₁₀	234	g/Mg clínker	117	468
PM _{2.5}	130	g/Mg clínker	65	260
CN	3	% de PM _{2.5}	1,5	6

Fuente: EEA, 2023

3.1.2 Producción de Cal (2.A.2)

La categoría “Producción de cal (2.A.2)” comprende las emisiones generadas durante el proceso de calcinación de carbonatos, principalmente carbonato de calcio (CaCO_3) y dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), para la obtención de óxido de calcio (CaO). Durante este proceso, la descarbonatación térmica libera CO_2 como parte de las emisiones de proceso. La magnitud de las emisiones depende de la composición de la materia prima, el tipo de horno y la eficiencia del proceso de calcinación (EEA, 2023c).

Adicionalmente, la combustión de combustibles fósiles utilizados para generar el calor requerido produce emisiones de partículas como (PM₁₀, PM_{2.5}) y carbono negro, que inciden en la calidad del aire local, cuyos factores de emisión se encuentran en la **Tabla 39**.

Tabla 39 Factores de emisión para producción de Cal.

Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
PST	9.000	g/Mg cal	3.000	22.000
PM ₁₀	3.500	g/Mg cal	1.000	9.000
PM _{2.5}	700	g/Mg cal	300	2.000
CN	0,46	% de PM _{2.5}	0,23	0,92

Fuente: EEA, 2023

3.1.3 Producción de Vidrio (2.A.3)

La categoría “Producción de Vidrio (2.A.3)”, conforme al IPCC, abarca los procesos industriales relacionados con la fabricación de vidrio plano, vidrio hueco, fibra de vidrio y otros productos obtenidos a partir de materias primas minerales. Las emisiones se originan principalmente por la descomposición térmica de carbonatos (como CaCO₃ y Na₂CO₃) durante la etapa de fusión, generando CO₂ como emisión de proceso, así como por la combustión de combustibles fósiles empleada para alcanzar las altas temperaturas requeridas (entre 1.400 y 1.600 °C). El IPCC clasifica estas emisiones dentro del sector Procesos Industriales y Uso de Productos (IPPU) y establece una diferenciación entre emisiones de proceso derivadas de reacciones químicas y emisiones energéticas, asociadas al consumo de combustibles en los hornos de fusión. En la **Tabla 40** se presentan los factores de emisión para esta categoría.

Tabla 40 Factores de emisión para producción de Vidrio

Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
PST	300	g/Mg cal	100	600
PM ₁₀	270	g/Mg cal	90	540
PM _{2.5}	240	g/Mg cal	80	480
CN	0,062	% de PM _{2.5}	0,031	0,12

Fuente: EEA, 2023

3.1.4 Extracción y explotación de minerales distintos del carbón (2.A.5)

La categoría “Extracción y explotación de minerales distintos del carbón (2.A.5)” comprende las actividades de minería y procesamiento inicial de minerales metálicos y no metálicos, excluyendo el carbón. Incluye operaciones como la extracción, trituración, molienda, y concentración de minerales tales como hierro, níquel, cobre, oro, materiales de construcción, calizas, arcillas y otros. Estas actividades implican el uso de maquinaria

pesada, consumo de energía y procesos físicos o químicos destinados a separar el mineral útil del material estéril (EEA, 2023e). Según las Directrices del IPCC, 2019, las emisiones asociadas provienen principalmente del consumo energético en la operación minera y de la liberación de compuestos durante el procesamiento de las materias primas. En la **Tabla 41** se presentan los factores de emisión para esta categoría.

Tabla 41 Factores de emisión para producción de minerales distintos al carbón

Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
PST	102	g/Mg cal	50	200
PM ₁₀	50	g/Mg cal	25	100
PM _{2.5}	5,0	g/Mg cal	2,5	10

Fuente: EEA, 2023

3.2 Industria química (2.B)

De acuerdo con las directrices del IPCC, la categoría “Industria química (2.B)” comprende los procesos industriales orientados a la producción de sustancias químicas básicas y sus derivados, cuyas emisiones se originan principalmente por reacciones químicas de transformación y no por la combustión de combustibles. Dentro de esta categoría se incluyen actividades como la fabricación de amoníaco, ácido nítrico, ácido adípico, ácido sulfúrico, carburo de calcio, etileno, metanol, entre otros productos químicos esenciales para diversas ramas de la industria.

3.2.1 Producción de amoníaco (2.B.1)

La categoría “Producción de Amoníaco (2.B.1)”, según las Directrices IPCC, comprende las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos asociadas a la producción industrial de amoníaco (NH₃), empleado principalmente en la fabricación de fertilizantes y productos químicos. Durante la obtención de hidrógeno a partir de hidrocarburos (gas natural, nafta o carbón), se generan emisiones de dióxido de carbono (CO₂) como gas de proceso, junto con contaminantes de calidad del aire tales como óxidos de nitrógeno (NO_x) y monóxido de carbono (CO), provenientes de la combustión y manejo de gases residuales. Estas emisiones se clasifican dentro del sector Industria Química (2.B) del IPPU y pueden variar según la tecnología empleada, la eficiencia energética y los sistemas de control implementados en las plantas de producción. En la **Tabla 42** se presentan los factores de emisión para esta categoría.

Tabla 42 Factores de emisión para producción de Amoniaco.

Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
NO _x	1	kg/t NH ₃	0,05	334
CO	0,1	kg/t NH ₃	0,05	0,2
NH ₃	0,01	kg/t NH ₃	0,006	0,032

Fuente: EEA, 2023

3.2.2 Producción de ácido nítrico (2.B.2)

Esta categoría comprende las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos generadas durante la producción industrial de ácido nítrico (HNO₃), insumo clave para la elaboración de fertilizantes nitrogenados, explosivos y productos químicos. En este proceso se generan óxidos de nitrógeno (NO_x) que afectan la calidad del aire. En la tabla 43 se presentan los factores de emisión para esta categoría.

Tabla 43 Factores de emisión para producción de ácido nítrico

Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
NO _x	10.000	g/Mg producido 100% Acido	500	15.000

Fuente: EEA, 2023

3.2.3 Producción de ácido adípico (2.B.3)

La categoría “Producción de Ácido Adípico (2.B.3)”, según las directrices el IPCC abarca las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos derivadas del proceso químico para la obtención de ácido adípico (C₆H₁₀O₄), utilizado principalmente en la fabricación de nylon, plásticos y resinas sintéticas. En la **Tabla 44** se presentan los factores de emisión para esta categoría.

Tabla 44 Factores de emisión para producción de ácido adípico

Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
NO _x	8	kg/Mg	4	16
CO	0,4	kg/Mg	0,2	0,8

Fuente: EEA, 2023

3.3 Industria de los metales (2C)

La categoría “Industria de los Metales (2.C)”, según el IPCC, comprende todas las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y contaminantes atmosféricos generadas durante la producción y transformación de metales ferrosos y no ferrosos, incluyendo hierro, acero, aluminio, cobre, zinc, plomo, magnesio y otros metales industriales. Estas emisiones provienen tanto de los procesos químicos y térmicos de reducción, fundición y refinación de minerales metálicos, como del uso de insumos carbonosos (coque, antracita, gas natural, caliza) empleados como agentes reductores o fuentes de energía.

3.3.1 Producción de hierro y acero (2.C.1)

La categoría “Producción de Hierro y Acero (2.C.1)”, comprende las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y contaminantes atmosféricos asociadas a los procesos de fundición y refinación del mineral de hierro y la chatarra. Los factores de emisión de nivel Tier 1 correspondientes a esta categoría se presentan en la Tabla 45.

Tabla 45 Factores de emisión para producción de hierro y acero

Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
COVDM	150	g/Mg acero	55	440
PST	300	g/Mg acero	90	1.300
PM ₁₀	180	g/Mg acero	60	700
PM _{2.5}	140	g/Mg acero	40	500
CN	0,36	% de PM _{2.5}	0,18	0,72

Fuente: EEA, 2023

3.3.2 Producción de ferroaleaciones (2.C.2.)

La categoría “Producción de Ferroaleaciones (2.C.2.)” comprende las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y contaminantes atmosféricos generadas durante la producción de aleaciones de hierro con otros metales (como silicio, manganeso o cromo). Estas emisiones provienen principalmente de la reducción de óxidos metálicos mediante agentes carbonosos en hornos eléctricos. Los factores de emisión Tier 1 para esta categoría se describen en la Tabla 46.

Tabla 46 Factores de emisión para producción de ferroaleaciones

Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
PST	1.000	g/Mg de aleación producida	100	10.000
PM ₁₀	850	g/Mg de aleación producida	85	8.500
PM _{2.5}	600	g/Mg de aleación producida	60	6.000
CN	10	% de PM _{2.5}	5	20

Fuente: EEA, 2023

3.3.3 Producción de aluminio (2.C.3.)

La categoría “Producción de Aluminio (2.C.3)”, comprende las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y contaminantes atmosféricos generadas durante la producción primaria de aluminio a partir de alúmina (óxido de aluminio). En este proceso se libera material particulado (PM), monóxido de carbono (CO), entre otros, los cuales impactan la calidad del aire. Los factores de emisión Tier 1 correspondientes se presentan en la Tabla 47.

Tabla 47 Factores de emisión para producción de aluminio

Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
NO _x	1	g/Mg de aluminio	0,5	2
CO	120	g/Mg de aluminio	100	150
PST	0,9	g/Mg de aluminio	0,2	4
PM ₁₀	0,7	g/Mg de aluminio	0,17	3,2
PM _{2.5}	0,6	g/Mg de aluminio	0,13	2,4
CN	2,3	% de PM _{2.5}	1,2	4,6

Fuente: EEA, 2023

3.3.4 Producción de plomo (2.C.5)

La categoría “Producción de plomo (2.C.5)”, incluye las emisiones de gases de efecto invernadero y contaminantes atmosféricos asociadas a la fundición y refinación de minerales y chatarra de plomo. Durante estas operaciones se generan emisiones de CO₂ por el uso de combustibles y agentes reductores, así como contaminantes de calidad del aire como material particulado (PM) y óxidos de azufre (SO₂). Los factores de emisión Tier 1 correspondientes se presentan en la Tabla 48.

Tabla 48 Factores de emisión para producción de plomo

Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
PST	6	g/Mg de plomo	1	35
PM ₁₀	5	g/Mg de plomo	0,8	29
PM _{2.5}	2,5	g/Mg de plomo	0,4	14
SO _x	2.050	g/Mg de plomo	700	6.000

Fuente: EEA, 2023

3.3.5 Industria de pulpa y papel (2.H.1)

Según las Directrices del IPCC 2006, la categoría 2.H.1 comprende las emisiones generadas durante la producción de pulpa, papel y cartón, especialmente en los procesos de cocción de la madera, blanqueo y secado. Si bien las emisiones de dióxido de carbono asociadas al proceso son mayoritariamente de origen biogénico, la industria también contribuye a la contaminación del aire mediante la liberación de compuestos orgánicos volátiles (COV), material particulado (PM), dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x) y gases odorantes como compuestos reducidos de azufre (TRS, por sus siglas en inglés) (EEA, 2023d).

Los factores de emisión por defecto de Nivel 1 corresponden al proceso de producción de pulpa Kraft, dado que este constituye el método predominante y de mayor relevancia en la industria de pulpa y papel y se pueden observar en la Tabla 49.

Tabla 49 Factores de emisión para Industria de pulpa y papel

Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
NO _x	1	kg/Mg de pulpa secada al aire	0,85	2,6
CO	5,5	kg/Mg de pulpa secada al aire	0,55	55
COVDM	2	kg/Mg de pulpa secada al aire	1	4
SO ₂	2	kg/Mg de pulpa secada al aire	0,04	4
PST	1	kg/Mg de pulpa secada al aire	0,25	3
PM ₁₀	0,8	kg/Mg de pulpa secada al aire	0,2	2,4
PM _{2.5}	0,6	kg/Mg de pulpa secada al aire	0,15	1,8
CN	2,6	% de PM _{2.5}	1,3	5,2

Fuente: EEA, 2023

3.3.6 Industria de la alimentación y las bebidas (2.H.2)

La categoría “Industria de la alimentación y las bebidas (2.H.2)”, según el IPCC, incluye las emisiones asociadas a la transformación industrial de materias primas agrícolas para producir alimentos y bebidas. Estas emisiones se originan principalmente en el uso de combustibles para generar calor y en procesos térmicos, así como en reacciones químicas y biológicas propias de actividades como la fermentación (por ejemplo, en la elaboración de cerveza, alcohol o productos alimentarios procesados). Adicionalmente, pueden emitirse CO₂ y compuestos orgánicos volátiles durante etapas como la cocción, el secado o el refinado. Su reporte se realiza dentro del sector IPPU, diferenciándolas de las emisiones por combustión utilizadas con fines energéticos. Los factores de emisión se presentan en la **Tabla 50**.

Tabla 50 Factores de emisión para Industria de la alimentación y las bebidas

Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
COVDM	2	kg/Mg de productos producidos	1	4

Fuente: EEA, 2023

4 Agricultura

4.1 Quema de residuos agrícolas en el campo (3.F)

La categoría “Quema de residuos agrícolas en el campo (3.F)”, según las Directrices del IPCC (2006, con Refinamientos 2019), comprende las emisiones generadas por la quema abierta de residuos de cultivos posterior a la cosecha. Esta práctica libera contaminantes a la atmósfera, afecta la calidad del aire y conlleva pérdidas de materia orgánica y nutrientes del suelo. La magnitud de las emisiones depende del tipo de cultivo, la cantidad de biomasa remanente y las condiciones bajo las cuales se realiza la quema, siendo considerada una fuente difusa asociada a prácticas de manejo agrícola.

En ausencia de factores de emisión locales, se presentan como referencia los factores de emisión desarrollados en la guía de la EEA, los cuales se muestran en la Tabla 51.

Tabla 51 Factores de emisión para Quema de residuos agrícolas en el campo

Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
NO _x	0,0023	kg/ kg materia seca	0,0018	0,0029
CO	0,0667	kg/ kg materia seca	0,0381	0,0953
COVDM	0,0005	kg/ kg materia seca	0,0002	0,0008
SO _x	0,0005	kg/ kg materia seca	0,0003	0,0007
PST	0,0058	kg/ kg materia seca	0,0045	0,0071
PM ₁₀	0,0057	kg/ kg materia seca	0,0044	0,0071
PM _{2.5}	0,0054	kg/ kg materia seca	0,0042	0,0067
CN	500	kg/ kg materia seca	150	1.000

Fuente: EEA, 2023

5 Residuos (5)

5.1 Eliminación de residuos sólidos (5.A)

La categoría “Eliminación de residuos sólidos (5.A)”, según el IPCC, abarca las emisiones generadas por la disposición final de desechos en sitios como rellenos sanitarios. Durante la descomposición de la fracción biodegradable de los residuos se liberan emisiones hacia la atmósfera, cuya magnitud depende del tipo de residuo, las condiciones de manejo y la presencia o no de sistemas de captura y control. Esta categoría considera instalaciones controladas, siendo una fuente relevante dentro del sector de residuos.

Para el caso de las emisiones de COVDM de acuerdo con la Tabla 52 corresponde a las emisiones generadas por el gas liberado en el vertedero durante el proceso de disposición final.

Tabla 52 Factores de emisión para Eliminación de residuos sólidos

Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
PST	0,463	g/Mg	0,006	2,21
PM ₁₀	0,219	g/Mg	0,003	1,05
PM _{2.5}	0,033	g/Mg	0,0004	0,16
COVDM	3,6	kg/ Mg CH ₄	0,4	

Fuente: EEA, 2023

5.2 Incineración de residuos biogénicos (5.C.1.a)

Corresponde a las emisiones generadas por la incineración de residuos biogénicos de origen municipal. La subcategoría “Incineración de residuos municipales (5.C.1.a)”, de acuerdo con las IPCC 2006 abarca las emisiones generadas durante la combustión controlada de residuos sólidos urbanos en incineradores o plantas de aprovechamiento energético. La magnitud de estas emisiones está influenciada por la composición de los residuos, la eficiencia del proceso de quema y los sistemas de control utilizados. Esta categoría se reporta dentro del sector Residuos, diferenciándose de otros métodos de tratamiento o disposición; sus factores de emisión se presentan en la Tabla 53.

Tabla 53 Factores de emisión para incineración de residuos biogénicos

Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
NO _x	1.071	g/Mg	749	1.532
CO	41	g/Mg	7	253
COVDM	5,9	g/Mg	2,7	12,9
SO ₂	87	g/Mg	16	466
PST	3,0	g/Mg	1,1	8,3
PM ₁₀	3,0	g/Mg	1,1	8,3
PM _{2.5}	3,0	g/Mg	1,1	8,3
CN	3,5	% de PM _{2.5}	1,8	7

Fuente: EEA, 2023

5.3 Incineración de residuos No biogénico (5.C.1.b)

La categoría Incineración de residuos No biogénico (5.C.1.b), conforme el IPCC, corresponde a las emisiones generadas por la quema de la fracción no orgánica de los residuos municipales, como plásticos, cauchos y otros materiales sintéticos. Estas emisiones se originan por la combustión de componentes de origen fósil presentes en los desechos. Se reporta dentro del sector Residuos y se distingue de las emisiones biogénicas asociadas a materiales de origen vegetal u orgánico. Para esta categoría en la Tabla 54 se presentan los factores de emisión.

Tabla 54 Factores de emisión para incineración de residuos no biogénicos.

Contaminante	Valor	Unidad	95% de intervalo de confianza	
			Bajo	Alto
NO _x	0,87	g/Mg de residuos	0,087	8,7
CO	0,07	g/Mg de residuos	0,007	0,7
COVDM	7,4	g/Mg de residuos	0,74	74
SO ₂	0,047	g/Mg de residuos	0,0047	0,47
PST	0,01	g/Mg de residuos	0,001	2,3
PM ₁₀	0,007	g/Mg de residuos	0,0007	0,15
PM _{2.5}	0,004	g/Mg de residuos	0,0004	0,1
CN	3,5	% de PM _{2.5}	1,8	7

Fuente: EEA, 2023



CONCLUSIONES

Colombia cuenta con factores de emisión desarrollados específicamente para algunas categorías prioritarias, entre las que se destacan el transporte terrestre, el sector ladrillero y determinadas industrias manufactureras como los desarrollados por parte de la SDA. Estos avances permiten mejorar la representatividad de las estimaciones de contaminantes criterio y contaminantes climáticos de vida corta (CCVC), en particular para fuentes que presentan una alta contribución a las emisiones nacionales.

De igual forma este ejercicio corresponde a una recopilación y sistematización de factores de emisión provenientes de diferentes estudios, inventarios y herramientas técnicas, cuyo propósito principal es generar una referencia técnica para la estimación de emisiones. Buscando una unificación en el proceso, se presentó la información conforme a las categorías del IPCC y a la tabla de homologación del BTR-1, empleada por el IDEAM, lo que contribuye a mejorar la consistencia, comparabilidad y trazabilidad de los inventarios de emisiones a nivel nacional y territorial.

A pesar de los esfuerzos realizados por diversas entidades, entre ellas el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la Secretaría Distrital de Ambiente, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) y la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME), persisten brechas importantes de información para múltiples fuentes de emisión. En particular, aún se carece de factores de emisión locales para sectores que presentan altos niveles de emisión de acuerdo con lo reportado en el BTR-1, lo que puede limitar la precisión de las estimaciones.

La revisión documental realizada muestra la necesidad de continuar fortaleciendo la investigación aplicada y las mediciones en campo, especialmente en sectores como la industria, las fuentes móviles terrestres de uso fuera de carretera, la agricultura y los residuos. El desarrollo de nuevos factores de emisión locales permitirá reflejar de manera más adecuada las condiciones tecnológicas, operativas y de calidad de los combustibles utilizados en el país, reduciendo la incertidumbre asociada a los inventarios de contaminantes atmosféricos.

Finalmente, este documento se presenta como un insumo técnico de apoyo, no vinculante, que busca orientar y facilitar la elaboración de inventarios de emisiones de contaminantes criterio y carbono negro. No obstante, vale la pena indicar que, en el marco de la política de transparencia, dentro de la información reportada a nivel nacional por el IDEAM, incluyendo los Reportes Bienales de Transparencia (BTR), actualmente se dispone de información en bases de datos abiertas sobre los factores de emisión empleados en estos informes;



información que es actualizada por dicha entidad en la medida que se cuente con datos más refinados. Esta información puede ser consultada en el siguiente enlace: https://www.datos.gov.co/Ambiente-y-Desarrollo-Sostenible/Factores-de-emisi-n-del-inventario-Nacional-de-Emi/28sd-dsje/data_preview



BIBLIOGRAFÍA

- AMVA, Á. M. del V. de A., & Udea, U. de A. (2019). *Factores de emisión de fuentes móviles en el Valle de Aburrá*. <https://www.metropol.gov.co/ambiental/calidad-del-aire/Biblioteca-aire/Estudios-calidad-del-aire/Libro-Factores-de-Emision-AMVA.pdf>
- CAEM, C. A. E. (2020). *Determinación de factores de emisión que servirán como insumo para la herramienta LEAP-IBC*.
- EEA, E. E. A. (2023). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 – 1.A.1 Energy industries*. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2023>
- EEA, E. E. A. (2023a). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 - 1.A.3.c Railways*. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2023>
- EEA, E. E. A. (2023b). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 - Cement production (2.A.1)*. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2023>
- EEA, E. E. A. (2023c). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 – Lime production (2.A.2)*.
- EEA, E. E. A. (2023d). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 – Pulp and paper industry (2.H.1)*.
- EEA, E. E. A. (2023e). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 – Quarrying and mining of minerals other than coal (2.A.5.a)*.
- EEA, E. E. A. (2023f). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 – Small combustion (1.A.4)*. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2023>
- EEA, E. E. A. (2023g). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023: Technical guidance to prepare national emission inventories*. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2023>
- Ideam, Minambiente, PNUD, & Fundación Natura. (2024). *Anexo 1: Documento del Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones Atmosféricas de Colombia. Gases de efecto invernadero (1990-2021). Contaminantes criterio y carbono negro (2010-*

- 2021). *Primer informe bienal de transparencia (BTR 1) de Colombia*. <https://unfccc.int/documents/645256>
- IPCC. (2006a). Capítulo 1: Introducción. In A. Garg, K. Kazunari, & T. Pulles (Eds.), *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 2: Energía*. IGES. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_1_Ch1_Introduction.pdf
- IPCC. (2006b). Capítulo 3: Combustión móvil. In C. Davies, J. Harnisch, O. Lucon, S. Mckibbon, S. Saile, F. Wagner, & M. Walsh (Eds.), *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Volume 2: Energy*. https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/2_Volume2/V2_3_Ch3_Mobile_Combustion.pdf
- IPCC. (2023). *Mapping of the categories in the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories and those in the common reporting tables (CRT)*. <https://unfccc.int/documents/634242>
- Matsika, E., Nenge Namayanga, L., Osman-Elasha, B., Kalenga Saka, J. D., Treanton, K., & Quadrelli, R. (2006). *Autor colaborador 2.2 Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*.
- SDA, S. D. de A. (2025). *Inventario de emisiones de Bogotá: contaminantes criterio y carbono negro 2023*.
- Trozzi, C., Jurich, K., Nielsen, O.-K., Plejdrup, M., Rentz, O., Oertel, D., Woodfield, M., & Stewart, R. (2023). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023 1 Category Title NFR 1.A.1 Energy industries SNAP 01 Combustion in energy and transformation industries ISIC Version Guidebook 2023*.
- UPME, INCOMBUSTION, & Fundación Natura. (2016). *Consultoría técnica para el fortalecimiento y mejora de la base de datos de factores de emisión de los combustibles colombianos – FECOC*. https://app.upme.gov.co/Calculadora_Emisiones1/new/Informe_Final_FECOC_Correcciones_UPME_FunNatura.pdf
- UPME, & UdeA, U. de A. (2020). *Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos (FECOC+) Fase I: Determinación de los ciclos de conducción de fuentes móviles de carretera para Colombia*. https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Doc_Hemeroteca/FECOC%2B2-1.pdf



UPME, & UdeA, U. de A. (2021). *Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos (FECOC+) Fase 2.1: Determinación de los factores de emisión de vehículos pesados de carga (camiones y tractocamiones) a la altitud del área metropolitana de Bucaramanga.*

https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Doc_Hemeroteca/FECOC%2B2-1.pdf

UPME, & UdeA, U. de A. (2023). *Factores de Emisión de los Combustibles Colombianos (FECOC+) Fase 3: Determinación de los factores de emisión de vehículos livianos y motocicletas para Colombia.*

https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Doc_Hemeroteca/FECOC%2B2-3.pdf