



**ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE
EMISIONES A LA ATMÓSFERA Y LOS
MAPAS DE RUIDO DE LOS MUNICIPIOS DE
BUGA, TULUÁ, CARTAGO Y JAMUNDÍ**

—
***INVENTARIO EMISIONES ATMOSFÉRICAS
MUNICIPIO CARTAGO 2018***



*Corporación Autónoma
Regional del Valle del Cauca*

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	7
2	OBJETIVO.....	8
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	8
2.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	8
3	GENERALIDADES.....	9
3.1	INFORMACIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE GUADALAJARA DE CARTAGO 9	
3.2	FICHA TÉCNICA DEL INVENTARIO DE EMISIONES	11
3.2.1	PROPÓSITO	11
3.2.2	TIPOS DE FUENTES	12
3.3	INCERTIDUMBRE.....	15
3.3.1	INCERTIDUMBRE EN LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES	16
3.3.2	JERARQUÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES.....	17
3.3.3	INCERTIDUMBRE DE LOS FACTORES DE EMISIÓN	18
3.3.4	INCERTIDUMBRE DE LOS VALORES DE ACTIVIDAD.....	18
3.4	CONTROL DE CALIDAD.....	19
3.4.1	MÉTODOS GENERALES DE GARANTÍA Y CONTROL DE CALIDAD	20
3.4.2	PROCEDIMIENTOS DE CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD PARA MÉTODOS ESPECÍFICOS DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES.....	22
4	METODOLOGÍA DE ELABORACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES.....	25
4.1	FASE I - LEVANTAMIENTO O RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN	26
4.1.1	FUENTES PUNTUALES.....	26
4.1.2	FUENTES ÁREA	26
4.1.3	FUENTES MOVILES	27
4.2	FASE II - COMPLEMENTO DE LA INFORMACIÓN	28
4.2.1	FUENTES PUNTUALES Y DE ÁREA.....	28
4.2.2	FUENTES MOVILES	28
4.3	FASE III –CONSOLIDACIÓN Y ANALISIS DE LA INFORMACIÓN	28
4.3.1	FUENTES PUNTUALES Y DE ÁREA.....	28
4.3.2	FUENTES MOVILES	29
4.4	GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI).....	29
4.4.1	GRUPOS FUENTE DE EMISIONES GEI	29
4.4.2	METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES GEI.....	30

4.5	DIFICULTADES PRESENTADAS EN LA TOMA DE INFORMACIÓN	34
5	CALCULOS	35
5.1	FACTORES DE EMISIÓN	35
5.1.1	CÁLCULOS POR COMBUSTIÓN.....	35
5.1.2	CÁLCULOS POR PROCESO	36
5.2	MODELO INTERNACIONAL DE EMISIONES VEHICULARES IVE	42
5.2.1	DESCRIPCIÓN DEL MODELO	42
5.2.2	MÓDULOS E INTRODUCCIÓN DE DATOS.....	43
5.2.3	PARAMETRIZACIÓN DEL MODELO	44
5.2.4	MÓDULO DE DISTRIBUCIÓN DE LA FLOTA VEHICULAR.....	46
5.2.5	CÁLCULOS DE EMISIONES.....	49
6	RESULTADOS EMISIONES.....	52
6.1	FUENTES FIJAS PUNTUALES Y DE ÁREA	52
6.1.1	ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN EMPRESARIAL DEL MUNICIPIO DE CARTAGO.....	52
6.1.2	FUENTES DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS INVENTARIADAS	53
6.1.3	EMISIONES ATMOSFÉRICAS GENERADAS EN CARTAGO	59
6.2	FUENTES MÓVILES	65
6.3	INVENTARIO DE EMISIONES TOTALES	72
6.4	GASES EFECTO INVERNADERO - GEI.....	74
6.4.1	SECTOR ENERGÍA.....	74
6.4.2	SECTOR AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA 74	
7	IMPACTOS Y TÉCNICAS DE CONTROL DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS..	80
7.1	DETERMINACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES MÁS SIGNIFICATIVOS 80	
7.2	PROCEDIMIENTOS Y TECNICAS PARA CONTROLAR LAS EMISIONES	81
8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
9	REFERENCIAS	86
	ANEXOS.....	87
A1.	Actividades productivas consideradas en el inventario.....	87
A2.	Transporte y comercialización de derivados líquidos del petróleo	88

LISTA DE TABLAS

Tabla 3.1. Ficha Técnica del Inventario de Emisiones	11
Tabla 3.2. Modelos de estimación de emisiones.....	17
Tabla 3.3 Métodos para la consecución de objetivos de calidad para los datos utilizados en la elaboración de inventarios de emisiones.....	19
Tabla 3.4. Tipos de chequeos computarizados para control de calidad	22
Tabla 4.1 Puntos de aforos vehiculares 24 Horas.....	27
Tabla 4.2 Factores de conversión	31
Tabla 4.3 Factores de Emisión de GEI definidos por IPCC	32
Tabla 4.4 Factores de emisión utilizados para la estimación de emisiones de GEI por quema de caña de azúcar	34
<i>Tabla 5.1 Factores de emisión a utilizar por tipo de combustible</i>	<i>38</i>
Tabla 5.2 Distribución de la flota vehicular vehículos/día	46
Tabla 5.3 Clasificación de vehículos por tipo de combustible - Cartago.....	49
Tabla 5.4 Factores para Gas Natural y Gasolina	50
Tabla 5.5 Factores para ACPM.....	50
Tabla 6.1 Estadísticas de la Base de datos descargada para Cartago	52
Tabla 6.2 Sectores Economicos para Cartago.....	53
Tabla 6.3 Tipos de fuentes encontradas para Cartago.....	53
Tabla 6.4 Base de datos Fuentes Fijas Industriales – Cartago	54
Tabla 6.5 Estaciones de servicio identificadas en SICOM	56
Tabla 6.6 Establecimientos encuestados dedicados a la elaboración de productos de panadería	57
Tabla 6.7 Consumo anual de combustibles por actividad productiva	58
Tabla 6.8 Consumo anual de combustibles por establecimiento industrial.....	58
Tabla 6.9 Emisiones atmosféricas por sector productivo	59
Tabla 6.10 Contribución porcentual por tipo de combustible de cada contaminante	60
Tabla 6.11 Emisiones atmosféricas fuentes fijas Cartago	65
Tabla 6.12 Emisiones atmosféricas fuentes móviles Cartago, por km de vía	66
Tabla 6.13 Emisiones atmosféricas totales fuentes móviles Cartago	66
Tabla 6.14 Emisiones Totales en toneladas/año.....	72

Tabla 6.15 Aportes realizados por las diferentes fuentes	72
Tabla 6.16 Emisiones de GEI generadas por la quema pre-cosecha de cultivo de caña de azúcar.....	74
Tabla 6.17 Emisiones GEI por tipo de fuente inventariada expresadas en Kg CO2 eq/Año	75
Tabla 6.18 Emisiones GEI por tipo de combustible expresadas en Kg CO2 eq/Año	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 Localización general Municipio de Cartago	9
Figura 3.2 Casa del Virrey, Catedral Nuestra Señora del Carmen, Parque La Isleta.....	10
Figura 3.3 Tipos de Fuentes	12
Figura 3.4 Fuentes Móviles.....	13
Figura 3.5 Emisiones presentes en los vehículos	14
Figura 3.6. Jerarquía para la estimación de emisiones	17
Figura 4.1 Pasos técnicos para el desarrollo de un inventario de emisiones.....	25
Figura 4.2 Metodología Estimación Emisiones atmosféricas.....	25
Figura 4.3. Ecuación cálculo de emisiones de GEI.	30
Figura 5.1 Algoritmo para el cálculo de emisiones por combustión	36
Figura 5.2 Algoritmo de cálculo de emisiones por proceso	37
Figura 5.3 Estructura interna del modelo IVA.....	42
Figura 5.4 Ventana del Módulo de Cálculo del Modelo IVE	43
Figura 5.5 Ventana Módulo de Localidad del modelo IVE	44
Figura 5.6 Distribución vehicular de las vías aforadas	47
Figura 5.7 Ubicación de cámaras de video para aforos vehiculares - Cartago.....	48
Figura 5.8 Flujo vehicular por hora en jornada ordinaria - Cartago.....	48
Figura 6.1 Relación porcentual consumo de Gas Natural y Carbón.....	59
Figura 6.2 Contribución porcentual por actividad productiva a las emisiones de Metano .	60
Figura 6.3 Contribución porcentual por actividad productiva a las emisiones de Óxidos Nitrosos	61
Figura 6.4 Contribución porcentual por actividad productiva a las emisiones de Material Particulado.....	61

Figura 6.5 Contribución porcentual por actividad productiva a las emisiones de Óxidos de Nitrógeno	62
Figura 6.6 Contribución porcentual por actividad productiva a las emisiones de Monóxido de carbono.....	62
Figura 6.7 Contribución porcentual por actividad productiva a las emisiones de Óxidos de azufre	63
<i>Figura 6.8 Contribución porcentual por actividad productiva a las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles</i>	<i>64</i>
<i>Figura 6.9 Contribución porcentual por actividad productiva a las emisiones de Dióxidos de carbono.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 6.10 Relación porcentual de las emisiones generadas por el sector industrial e institucional.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 6.11 Emisión horaria CO por fuentes móviles vs aforo vehicular – Cartago.</i>	<i>67</i>
<i>Figura 6.12 Emisión horaria VOC por fuentes móviles vs aforo vehicular – Cartago.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 6.13 Emisión horaria VOC Evap. por fuentes móviles vs aforo vehicular – Cartago.</i>	<i>68</i>
<i>Figura 6.14 Emisión horaria NOx por fuentes móviles vs aforo vehicular – Cartago.</i>	<i>68</i>
<i>Figura 6.15 Emisión horaria SOx por fuentes móviles vs aforo vehicular – Cartago.</i>	<i>69</i>
Figura 6.16 Emisión horaria PM por fuentes móviles vs aforo vehicular – Cartago.	69
Figura 6.17 Emisión horaria NH3 por fuentes móviles vs aforo vehicular – Cartago.	70
Figura 6.18 Emisión horaria CO ₂ por fuentes móviles vs aforo vehicular – Cartago.....	70
Figura 6.19 Emisión horaria N ₂ O por fuentes móviles vs aforo vehicular – Cartago.....	71
Figura 6.20 Emisión horaria CH ₄ por fuentes móviles vs aforo vehicular – Cartago.	71
Figura 6.21 Emisiones totales por tipo de fuente	73

1 INTRODUCCIÓN

Como parte de la Política de prevención y control de la contaminación del aire, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible identificó como unas de las líneas de acción prioritarias para el país, el desarrollo de herramientas técnicas para la formulación de estrategias de reducción de las emisiones contaminantes al aire incluidos los sistemas de vigilancia de calidad del aire (SVCA) y la elaboración de inventarios de emisiones contaminantes a la atmósfera.

En este orden de ideas, la Corporación Autónoma Regional del Valle Del Cauca - CVC, suscribió con K2 INGENIERIA S.A.S el contrato de consultoría CVC N° 0674 cuyo objeto es “ACTUALIZAR EL INVENTARIO DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA Y LOS MAPAS DE RUIDO DE LOS MUNICIPIOS DE BUGA, TULUÁ, CARTAGO Y JAMUNDÍ”.

El actual documento presenta la actualización del inventario de emisiones atmosféricas del municipio de Cartago, el año base para la realización del inventario es 2017, para la cuantificación de las emisiones se recopiló, organizó, clasificó y analizó información proveniente de: los expedientes de la Dirección ambiental regional Sur Occidente de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), la base de datos de Cámara de Comercio, Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Anuarios estadísticos municipales, Encuesta Anual Manufacturera, Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), Ecopetrol, información gremial. Así mismo se realizó complemento y validación de la información recolectada mediante consulta directa (llamadas telefónicas, visitas in situ).

Las emisiones generadas por fuentes fijas y fuentes de área de las actividades comerciales, industriales y de servicios del municipio se calcularon mediante la aplicación de factores de emisión reportados en la compilación de factores de emisión AP-42 (USEPA), que contiene factores de emisión e información de los procesos para más de 200 categorías de fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos, también se utilizó el programa Tanks para evaluar emisiones fugitivas de tanques de almacenamiento de combustible.

Para el cálculo de las emisiones generadas por fuentes móviles, se utilizó el modelo IVE, que permite calcular las emisiones de contaminantes criterio, gases de efecto invernadero y sustancias tóxicas; provenientes de diferentes categorías vehiculares.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GENERAL

Actualizar el inventario de emisiones fuentes puntuales, fuentes de área y fuentes móviles del municipio de Cartago, incluyendo las emisiones de: partículas suspendidas totales (PST), material particulado con diámetro inferior a 10 micras (PM10), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (COV), gases efecto invernadero (GEI).

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Generar una base de datos actualizada de las fuentes de emisión de contaminantes atmosféricos presentes en el municipio de Cartago.
- Realizar el cálculo de emisión de contaminantes atmosféricos y Gases efecto Invernadero que generan las actividades productivas y de transporte en el municipio de Cartago.
- Identificar disponibilidad, veracidad y utilidad de la información de emisiones atmosféricas que existe en la corporación autónoma regional del Valle del Cauca, sobre emisiones atmosféricas del municipio de Cartago.

3 GENERALIDADES.

3.1 INFORMACIÓN GENERAL DEL MUNICIPIO DE GUADALAJARA DE CARTAGO¹

El Municipio de Cartago, está ubicado a los 4°44' 49" de latitud Norte y los 75° 54' 43" Longitud Oeste, al norte del Departamento del Valle del Cauca, cuenta con un área de 279 Km² y una altitud media de 917 metros sobre el nivel del mar. Al norte limita con el municipio de Pereira (Departamento de Risaralda), al sur con el municipio de Obando, al oriente con los municipios de Municipios de Ulloa y Alcalá al occidente con el municipio de Ansermanuevo. Es conocido como “La Villa de Robledo” y también como “La ciudad del Sol más alegre de Colombia”.

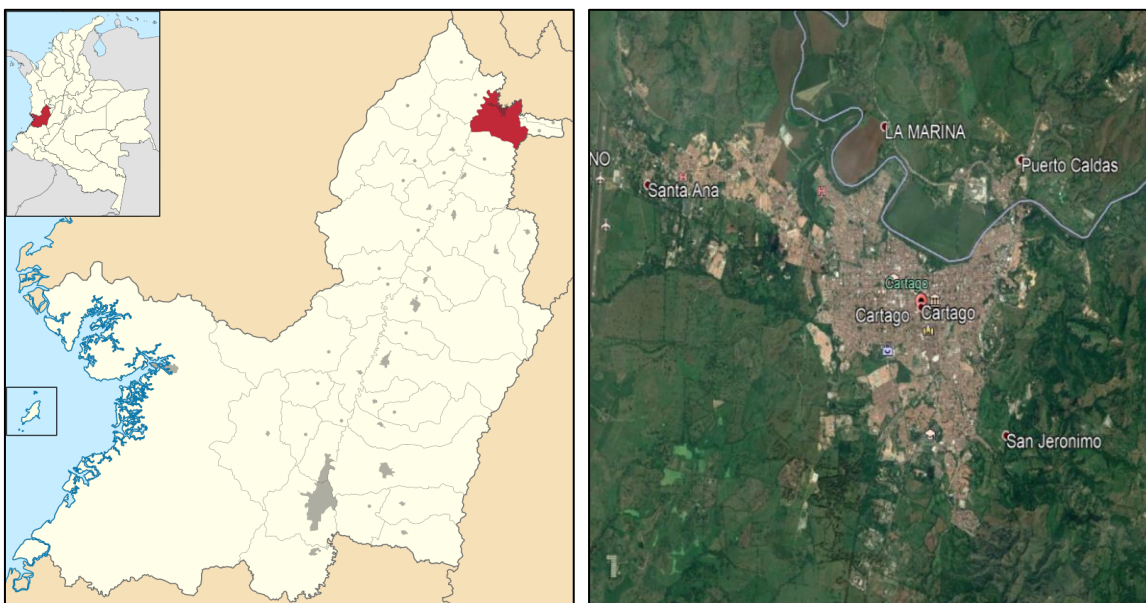


Figura 3.1 Localización general Municipio de Cartago

Fuente: Google Earth (estudio actual)

La economía del Municipio de Cartago se basa principalmente en la agricultura, la ganadería, el comercio y la pequeña industria. El sector agropecuario del municipio de Cartago cuenta con gran variedad en la producción de cultivos y de especies pecuarias. Entre los principales cultivos agrícolas se encuentran los de caña de azúcar, maíz, café, plátano, banano, soya, cítricos y aguacate; por otro lado, en cuanto a especies pecuarias cuenta con ganadería bovina, porcicultura, avicultura y piscicultura deportiva. Las actividades económicas relacionadas con el bordado son muy reconocidas, por esta razón es que se da a conocer a la ciudad, como la «Capital mundial del bordado».

¹ Página web del municipio de Cartago: <http://www.cartago.gov.co/>

En el municipio se realizan 3 tipos de actividades de procesamiento o transformación de la producción agropecuaria que son: la agroindustria (concentrados para alimentos de animales), el procesamiento lácteo y cárnico, y diferentes artesanías hechas a partir de guaduas (Alcaldía de Cartago, 2016).

Dentro de los sitios de interés del municipio la Casa del Virrey, el Conservatorio de Música Pedro Morales Pino (ubicado dentro de la Casa del Virrey), algunos templos religiosos como la Catedral Nuestra Señora del Carmen, el Santuario de Guadalupe, el Parque La Isleta y el Aeropuerto de Santa Ana.



Figura 3.2 Casa del Virrey, Catedral Nuestra Señora del Carmen, Parque La Isleta.

Fuente: Google (estudio actual)

Referente a los aspectos de municipio para tener en cuenta en la actualización del inventario de emisiones atmosféricas, según la base de datos de la Cámara de Comercio de Cali, para CARTAGO se encuentran registradas en la cámara de comercio 588 establecimientos con tamaño grande, mediano, pequeño y microempresa con actividad productiva del sector manufacturero, donde se tienen 1 empresa grande, 9 medianas y 21 pequeñas. El sector industrial como generador de emisiones atmosféricas está representado por:

1. INVERSIONES BELLAVISTA S.A.S. (Ladrillera Bellavista)
2. INGREDION COLOMBIA S.A. (Planta de Bienestarina ICBF)
3. PRODUCTORA DE ALIMENTOS CONCENTRADOS PARA ANIMALES CONTEGRAL S.A.S.
4. VARGAS CADAVID ELIECER (Ladrillera del Valle)
5. COMPAÑIA INDUSTRIAL DE PRODUCTOS AGROPECUARIOS S.A. (CIPA S.A.)
6. GRESVALLE S.A. (Ladrillera Gresvalle)
7. LADRILLERA Y ARCILLAS SAN JOSE S.A.S
8. LADRILLERA MARISCAL ROBLEDO (ARCASA)
9. LADRILLERA Y ARCILLAS EL PACIFICO S.A.S.
10. INVERSIONES Y CONSTRUCCIONES EL CARMEN S.A.S. (Ladrillera Ladrillar)

Adicionalmente en la actualización del inventario se tuvieron en cuenta los establecimientos registrados con actividad industrial de “Elaboración de productos de panadería - CIIU 1081” y “Comercio al por menor de combustible para automotores - CIIU 4731”, con 72 y 19 establecimientos respectivamente.

Referente a las emisiones por fuentes móviles, el municipio cuenta con cuatro vías de acceso principal y alrededor de 120 vías internas distribuidas entre calles, carreras y transversales, por las cuales se mueven diariamente más de 140.000 vehículos, las vías dentro del casco urbano cuentan con una longitud superior a 100 km.

3.2 FICHA TÉCNICA DEL INVENTARIO DE EMISIONES

En la Tabla 3.1 se presenta los lineamientos técnicos a tener en cuenta en el Inventario de Emisiones a desarrollar en el municipio de Cartago

Tabla 3.1. Ficha Técnica del Inventario de Emisiones

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN	
PROPÓSITO	Inventario general de emisiones atmosféricas.	
ALCANCES	<ul style="list-style-type: none"> Actualización inventario de emisiones de las fuentes fijas, móviles y gases efecto invernadero (GEI). Base de datos con su respectivo manual técnico. 	
DOMINIO	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO
	Valle del Cauca	Cartago
ÁMBITO TEMPORAL	Año Base: 2017 Resolución: Anual	
CONTAMINANTES CONSIDERADOS	<ul style="list-style-type: none"> Partículas totales Suspendidas (PST) Material Particulado (PM₁₀) Óxidos de azufre (SO₂) Óxidos de nitrógeno (NO₂) Monóxido de carbono (CO) Compuestos volátiles orgánicos (COV) Gases Efecto Invernadero (GEI) <ul style="list-style-type: none"> - Dióxido de Carbono (CO₂) - Metano (CH₄) - Óxido Nitroso (N₂O) 	
TIPOS DE FUENTES	<ul style="list-style-type: none"> Fuentes Fijas Fuentes Móviles 	
FUENTES NO CONSIDERADAS	Fuentes sin datos suficientes para determinar sus emisiones. Fuentes Naturales.	

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

3.2.1 PROPÓSITO

El propósito de la actualización del inventario de emisiones en el municipio de Cartago es obtener la información necesaria para la evaluación del estado actual de emisiones, información necesaria para elaboración de modelos de dispersión de contaminantes y elaborar una herramienta complementaria para el ordenamiento territorial. En el desarrollo de este inventario se tuvieron en cuenta las siguientes etapas (EPA):

- Clasificación de todos los contaminantes y fuentes de emisión en la zona geográfica definida.

- Identificación y recopilación de información sobre los factores de emisión para cada uno de los contaminantes y fuentes identificadas según la literatura.
- Determinación de las cantidades diarias, mensuales o anuales de materiales manejados, procesados o quemados, u otra información sobre unidades de producción, dependiendo de las fuentes individuales identificadas y la información disponible.
- Cálculo de la tasa de emisión de cada uno de los contaminantes atmosféricos, expresada sobre una base anual.
- Suma de las emisiones de contaminantes específicos para cada una de las categorías de las fuentes identificadas.

3.2.2 TIPOS DE FUENTES

En la siguiente figura se encuentran los tipos de fuentes considerados en el marco del proyecto:

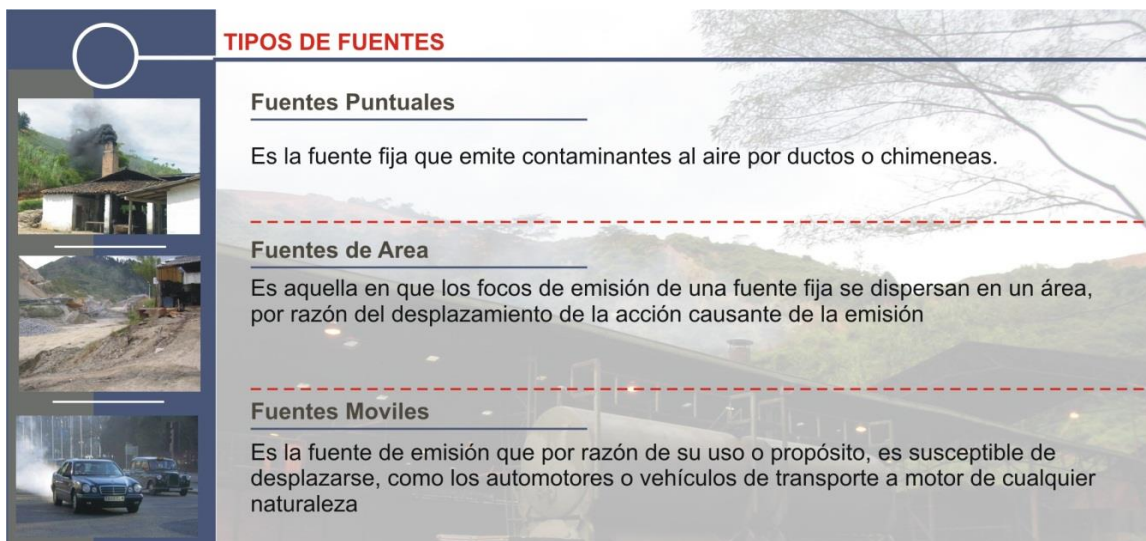


Figura 3.3 Tipos de Fuentes

Fuente: MADS (Manual de Fundamentos y Planeación Inventarios de Emisiones)

3.2.2.1 FUENTES FIJAS

Es la fuente de emisión situada en un lugar determinado e inamovible, aun cuando la descarga de contaminantes se produzca en forma dispersa². Las fuentes fijas se dividen en dos tipos de fuentes, puntuales y de área.

FUENTES PUNTUALES: Según la Resolución 909 de 2008 las Fuentes Fijas Puntuales son “fuente fija que emite contaminantes al aire por ductos o chimeneas”. En el municipio de Cartago se encuentran fuentes fijas puntuales, las cuales son las derivadas de la generación de energía eléctrica e industrias como: la alimentaria, entre otras. Las emisiones derivadas de la combustión utilizada para la generación de energía o vapor,

² Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Resolución 909 del 5 de junio de 2008.p. 40.

dependen de la calidad de los combustibles y de la eficiencia de los quemadores, mantenimiento del equipo y de la presencia de equipo de control al final del proceso (filtros, precipitadores y lavadores, entre otros). Los principales contaminantes asociados a la combustión son: Material Particulado, SO₂, NO_x, CO₂, CO e hidrocarburos).

FUENTES DE ÁREA: Según la Resolución 909 de 2008 las Fuentes Fijas Dispersas o Difusas son “aquella en que los focos de emisión de una fuente fija se dispersan en un área, por razón del desplazamiento de la acción causante de la emisión, como por ejemplo, en el caso de las quemas abiertas controladas en zonas rurales”.

3.2.2.2 FUENTES MÓVILES

Según el decreto 948 del 95 una fuente móvil es “una fuente de emisión que por razón de su uso o propósito, es susceptible de desplazarse, como los automotores o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza”. Dentro de las fuentes móviles se encuentran los aviones, helicópteros, ferrocarriles, tranvías, tractocamiones, autobuses, camiones, automóviles, motocicletas, embarcaciones, equipo y maquinarias no fijas con motores de combustión y similares, que por su operación generen o puedan generar emisiones contaminantes a la atmósfera. Para el desarrollo del inventario en el área urbana del municipio de Cartago solamente se tendrán en cuenta las fuentes móviles terrestres siendo las responsables de emisiones como CO, COVs, SO₂, NO_x, material particulado, producidos durante la combustión.



Figura 3.4 Fuentes Móviles
Fuente: K2 Ingeniería S.A.S

Además de las emisiones del escape, los vehículos automotores registran una gran variedad de procesos de emisión evaporativa que se limitan a emisiones de Compuestos orgánicos Totales (COVs). En la siguiente figura se observan estos tipos de emisiones:

(Espacio intencionalmente en Blanco)



Figura 3.5 Emisiones presentes en los vehículos

Fuente: MADS (Manual de Fundamentos y Planeación Inventarios de Emisiones)

EMISIONES EVAPORATIVAS³ Se pueden identificar dos tipos de emisiones evaporativas: provenientes del tanque de combustible y evaporación del carburador. Las emisiones en el tanque cobran importancia debido al calentamiento producido por el tubo de escape que generalmente se encuentra cercano al tanque de combustible.

Emisiones Evaporativas del Motor Caliente: Son aquellas que se presentan debido a la volatilización del combustible en el sistema de alimentación después de que el motor se ha apagado. El calor residual del motor volatiliza el combustible.

Emisiones Evaporativas de Operación: Son las emisiones ocasionadas por las fugas de combustible, como líquido o vapor, que se presentan mientras el motor está en funcionamiento.

Emisiones Evaporativas Durante la Recarga de Combustible: Son las emisiones evaporativas desplazadas del tanque de combustible del vehículo durante la recarga. Estas pueden ocurrir mientras el vehículo está en reposo y en puntos conocidos, como las gasolineras. Este tipo de emisiones se tomaron como fuentes puntuales teniendo en cuenta la información dada por las Estaciones de Servicio Encuestadas.

Emisiones Diurnas: Son las emisiones del tanque de combustible del vehículo debidas a una mayor temperatura del combustible y a la presión de vapor del mismo. Estas emisiones se deben al incremento de la temperatura ambiente ocasionado por el sistema de escape del vehículo o por el calor reflejado en la superficie del camino.

Emisiones Evaporativas en Reposo: Son emisiones evaporativas diferentes a las anteriores, que se presentan cuando el motor no está en funcionamiento. Las pérdidas en

³ Ibid., p. 37.

reposito se deben principalmente a fugas de combustible y de la permeabilidad del vapor a través de las líneas de alimentación del combustible.

EMISIONES POR EL TUBO DE ESCAPE⁴ Es la principal fuente de contaminación procedente de los vehículos. Por el tubo de escape son emitidos el total de Monóxidos de Carbono y óxidos de nitrógeno y la mitad de los hidrocarburos que produce el vehículo.

3.3 INCERTIDUMBRE

La incertidumbre determina la calidad de un inventario de emisiones, por lo que se hace necesario reducirla y para lograrlo se deben conocer las fuentes de error e imprecisión en los estimados.

La implementación de la estimación de la incertidumbre presenta algunas dificultades como lo son:

- Los datos no están disponibles (y no son fácilmente medibles) para cuantificar la incertidumbre.
- Los datos disponibles son insuficientes para completar los datos de entrada necesarios para aplicar un modelo estadístico o numérico para estimar la incertidumbre.
- El hecho de reducir la incertidumbre, que en últimas es el objetivo de un análisis de incertidumbre, es una tarea que requiere muchos más recursos de los disponibles en un momento dado, sin embargo, el hecho de dar unas bases sobre la incertidumbre puede hacer trabajar sobre estos aspectos los inventarios futuros.

Por lo anterior el presente inventario de emisiones, como cualquier otro inventario que se elabora, tiene un cierto grado de incertidumbre, el cual depende de la calidad y cantidad de la información con que se cuenta, del tratamiento de ésta y del proceso metodológico del cálculo de las emisiones.

Se hizo un esfuerzo para recopilar la mejor información disponible y aplicar adecuadamente la metodología de cálculo. Además, se realizó un control de calidad en el manejo de cada dato, respaldando así cada estimación.

Es importante mencionar que aún se requiere de la realización de estudios para caracterizar los niveles de emisión de diferentes actividades que se desarrollan en el municipio, a fin de reducir la incertidumbre que puedan tener los datos aquí presentados. Así mismo, es necesario contar con el apoyo de recursos económicos y humanos para continuar con el proceso de obtención de factores de emisión locales, ya que los factores de emisión que se utilizaron en este inventario han sido desarrollados para las fuentes generadoras de emisiones de los Estados Unidos.

⁴ Ibid., p. 37.

3.3.1 INCERTIDUMBRE EN LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES

Existen diferentes metodologías de estimación de emisiones entre las cuales están:

Sistemas de monitoreo continuo (CEMS - Continuous emission monitors): Sistemas de monitoreo en línea con periodos de muestreo cortos. Monitorea y almacena las emisiones medidas durante el tiempo que el equipo funcione.

Muestreo de fuentes: Se obtienen ratas de emisión a partir mediciones de corto tiempo tomadas en chimeneas y/o ductos. Los datos de emisión pueden ser extrapolados a otras fuentes similares o para hacer estimaciones de largo plazo.

Balance de Masa: Las emisiones son determinadas a partir de la cantidad de material que entra al proceso, que sale del proceso y la cantidad de producto como tal. Los balances de masa involucran la cuantificación de un flujo de un material que entra y sale de un proceso donde las diferencias entre las entradas y salidas son asumidas como descargas al ambiente.

Los balances de masas pueden ser usados solamente cuando los flujos de entrada y salida pueden ser claramente identificados. Se pueden utilizar para componente individuales de un proceso o todos los componentes del flujo del proceso.

Los estimativos obtenidos usando un balance de masas pueden ser adecuados dependiendo de los valores utilizados en los cálculos, es así como pequeños errores en los datos en los parámetros de cálculo (presión, temperatura, concentración del flujo, caudal, eficiencias en los controles, etc.) pueden resultar en grandes errores en las emisiones estimadas.

Factores de Emisión: Es un factor que relaciona emisión de un contaminante con parte del proceso de la planta que puede ser fácilmente medido como la cantidad de material procesado o la cantidad de combustible usado. La emisión se obtiene multiplicando el factor de emisión dado por la cantidad de material o combustible procesado.

Hay diferentes fuentes de consulta para obtener un factor de emisión para determinado proceso, muchos de ellos han sido obtenidos por grupos de industrias, actividades económicas y procesos específicos.

La herramienta más usada en estos casos es el empleo de los factores de emisión. Un factor de emisión representa es la tasa media a la cual se emite un contaminante a la atmósfera como resultado de actividades como la combustión ó producción industrial, dividido por el nivel de esa actividad (EPA, 1973).

Los factores de emisión poseen clasificación de acuerdo a su grado de precisión, las clasificaciones dadas son A, B, C, D, y E, donde A es la de mayor grado de precisión y E es considerada la de más baja precisión y está dada por la falta análisis a un número significativo de fuentes con esas características.

Análisis de combustibles: Las emisiones son determinadas basándose en la aplicación de leyes de la conservación. La presencia de cientos de componentes en los combustibles puede ser usado para predecir su presencia en los flujos de la emisión.

Modelos de estimación de emisiones: Están basados en ecuaciones empíricas desarrolladas para ciertos procesos y tipos de fuentes.

Algunos de los modelos más conocidos de estimación de emisiones son:

Tabla 3.2. Modelos de estimación de emisiones

MODELO	DESCRIPCIÓN
FIRE	Es una base de datos que contiene los factores de emisión recomendados por la EPA para contaminantes criterio y contaminantes peligrosos.
PM Calculator	Estima emisiones de material particulado de fuentes puntuales
LANDFILL	Estima una diversidad de emisiones provenientes de rellenos sanitarios.
WATER9	WATER9, calcula emisiones de plantas de tratamiento de aguas residuales
BEIS	Emisiones biogénicas
COPERTIII	Emisiones fuentes móviles europeo
IVE	Emisiones fuentes móviles para países en desarrollo
MOBILE6	Emisiones fuentes móviles Estados Unidos
PART5	Emisiones material particulado fuentes móviles

3.3.2 JERARQUÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES

De acuerdo a la mayor o menor incertidumbre, los resultados de cálculos de emisiones en el inventario poseen la siguiente jerarquía:

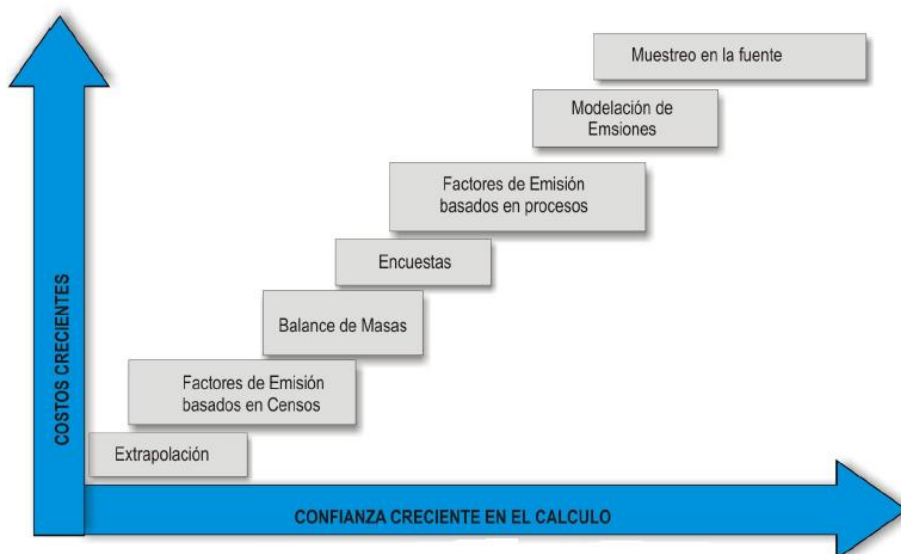


Figura 3.6. Jerarquía para la estimación de emisiones
Fuente: Manual de evaluación del programa de inventario de emisiones

3.3.3 INCERTIDUMBRE DE LOS FACTORES DE EMISIÓN

La EPA posee una valoración de la incertidumbre de los factores de emisión de acuerdo a la cantidad de datos o de fuentes de las cuales éstos fueron determinados. A continuación se muestra la clasificación para la incertidumbre de los factores de emisión de la EPA:

A - Excelente - El factor de emisión fue desarrollado solamente a partir de datos de pruebas con calificación A, tomados de numerosos establecimientos seleccionados de manera aleatoria dentro de la industria. La categoría de la fuente es lo suficientemente específica como para minimizar la variabilidad dentro del total de categorías de fuente.

B - Arriba del Promedio - El factor de emisión se desarrolló solamente con datos de pruebas con calificación A o B provenientes de un número razonable de establecimientos. Si bien no es evidente un sesgo específico, no queda claro si las plantas examinadas constituyen una muestra representativa de la industria. Al igual que con la calificación A, la categoría de fuente es lo suficientemente específica como para minimizar la variabilidad dentro del total de categorías de fuente.

C - Promedio - El factor de emisión se desarrolló solamente con datos de pruebas con calificación A, B y/o C de un número razonable de establecimientos. Si bien no es evidente un sesgo específico, no queda claro si las plantas examinadas constituyen una muestra representativa de la industria. Al igual que con las calificaciones A y B, la categoría de fuente es lo suficientemente específica como para minimizar la variabilidad dentro del total de categorías de la fuente.

D - Debajo del Promedio - El factor se desarrolló solamente con datos de exámenes con calificación A, B y/o C de un número pequeño de establecimientos, y hay razón para sospechar que éstas no constituyen una muestra representativa de la industria. Puede también existir evidencia de variabilidad dentro del total de categorías de la fuente.

E - Mala - El factor se desarrolló solamente con datos de pruebas con calificación C y D, y hay razones para suponer que los establecimientos examinados no constituyen una muestra significativa de la industria. También puede existir evidencia de variabilidad dentro del total de categorías de la fuente.

U - No calificada o Incalificable - El factor se desarrolló con datos inferidos o sin fundamento documental alguno.

Esta valoración fue aplicada para todos los factores de emisión utilizados en este inventario.

3.3.4 INCERTIDUMBRE DE LOS VALORES DE ACTIVIDAD

Los valores de actividad son aquellos con los cuales se pueden estimar las emisiones utilizando los factores de emisión, como son cantidad de combustible, cantidad de materia prima procesada, cantidad de producto elaborado, etc.

La incertidumbre de estos valores depende de las fuentes de información de donde se obtuvieron los datos, si es información actualizada, si son valores realmente medidos o son valores aproximados dados por las personas que responden la encuesta. Por ejemplo, para la estimación de las emisiones de fuentes de área, el grado de incertidumbre es mucho mayor ya que son valores per cápita o valores de consumos municipales, nacionales o departamentales.

3.4 CONTROL DE CALIDAD

La calidad de los resultados finales de un inventario de emisiones debe ser garantizada y controlada por medio de diferentes procedimientos, con el fin de desarrollar una base de datos con información fiable.

Un programa global de Aseguramiento de la Calidad (AC) implica la participación de dos componentes distintos. El primer componente, el Control de Calidad (CC), es el sistema formado por el conjunto de actividades técnicas rutinarias diseñadas para medir y controlar la calidad del inventario que está siendo diseñado. Entre estas actividades se incluyen revisiones técnicas, verificaciones de exactitud y el uso de procedimientos estándar aprobados para el cálculo de las emisiones.

Estas actividades están diseñadas para proporcionar el primer nivel de verificación de la calidad y deben ser incluidas en la planificación del inventario, recopilación de datos, análisis de éstos, cálculo de emisiones y elaboración de informes.

El segundo componente es el Aseguramiento de la Calidad, el cual es un sistema de revisión externa y de procedimientos de auditoría externa dirigidos por personal que no está envuelto en el proceso de desarrollo del inventario. El aseguramiento de la calidad es una revisión independiente por una tercera persona para evaluar la efectividad del programa de Control de Calidad y la calidad, exactitud, precisión y representatividad del inventario.⁵

Una parte esencial en la planificación específica de estos sistemas es el establecimiento de objetivos de calidad para los datos, los cuales son establecidos más de forma cualitativa. En la siguiente tabla se muestra un ejemplo de objetivos de calidad (DQOs) con algunos métodos utilizados para el cumplimiento de los mismos.

Tabla 3.3 Métodos para la consecución de objetivos de calidad para los datos utilizados en la elaboración de inventarios de emisiones⁶

OBJETIVOS	MÉTODOS
Asegurar la exactitud de los datos de entrada	<p>Verificar la exactitud en la transcripción de los datos.</p> <p>Verificar cualquier factor de conversión utilizado.</p> <p>Evaluar la validez de las hipótesis y suposiciones empleadas en el cálculo de datos de entrada.</p> <p>Verificar que la fuente de datos empleada está actualizada</p>

⁵ Tomado y adaptado de la Guía de Inventario de Emisiones de España

⁶ Tomado y adaptado de la Guía de Inventario de Emisiones de España

OBJETIVOS	MÉTODOS
	y proporciona la mayor fiabilidad.
Asegurar la exactitud de los cálculos	Reconstruir un ejemplo (o todos) representativo manualmente.
Evaluar la comparabilidad y representatividad del inventario	Comparar emisiones de inventarios similares. Chequear los datos de actividad comparándolos con los de otros inventarios.
Evaluar la integridad y amplitud del inventario	Comparar la lista de categorías de fuentes o puntos de emisión con los proporcionados por la diversa bibliografía. Contrastar frente a otros inventarios publicados.

Fuente: Manual de evaluación del programa de inventario de emisiones

Los mayores esfuerzos en las actividades de control de calidad se presentan con frecuencia al final del proceso de inventario. Para el control de calidad se deben realizar varios chequeos durante todo el proceso y que deben ser estipulados al inicio de cada actividad. Sin embargo, todo este tipo de actividades serán realizadas dependiendo de los objetivos de calidad trazados inicialmente y de los recursos disponibles para ello.

3.4.1 MÉTODOS GENERALES DE GARANTÍA Y CONTROL DE CALIDAD

Los métodos de Aseguramiento y Control de la Calidad que aquí se describen brevemente, se clasifican en las siguientes categorías generales atendiendo al tipo de actividad involucrada:

- Chequeos de veracidad
- Chequeos de paridad
- Repetición de cálculos particulares
- Chequeos computarizados
- Análisis de sensibilidad
- Chequeos estadísticos
- Auditorías independientes
- Validación de la estimación de emisiones

Estos métodos se presentan en orden creciente de complejidad. Cada uno de ellos posee funciones específicas, aunque pueden combinarse varios para cubrir un rango más amplio de funciones.

3.4.1.1 CHEQUEOS DE VERACIDAD

Constituye el método de Aseguramiento de Calidad/Control de Calidad más usado y se emplea para localizar errores importantes de forma rápida en el proceso de estimación de emisiones. Este chequeo se aplica mediante la formulación de preguntas tales como “¿Es este número razonable?” o “¿Este número tiene sentido?”. Este método nunca debe usarse como criterio único de calidad.

La EPA recomienda diferentes procedimientos para este método de control. Los procedimientos utilizados en las diferentes actividades desarrolladas en este inventario,

se mencionan a continuación en orden de preferencia, de acuerdo a la información disponible para cada caso:

- Comparación de datos con un valor de referencia
- Evaluación de razonabilidad de los valores por el auditor de calidad interno.
- Comparación de datos con valores usados para otras regiones del inventario.
- Comparación de las estimaciones para categorías de fuente similares dentro del mismo inventario.

3.4.1.2 CHEQUEOS DE PARIDAD

Un chequeo de paridad es una revisión independiente de los cálculos, hipótesis y/o documentación realizada por una persona con un elevado nivel de experiencia técnica. Generalmente implica la lectura o revisión de la documentación. Estos chequeos se formulan para asegurar que las hipótesis y procedimientos son razonables, pero pueden no incluir una certificación rigurosa de los datos o referencias.

Estos chequeos fueron realizados por el Coordinador del proyecto durante todo el desarrollo del inventario.

3.4.1.3 REPETICIÓN DE CÁLCULOS PARTICULARES

La repetición de cálculos particulares es la vía más confiable de detectar errores de cómputo y fue realizada por uno de los miembros involucrados en el desarrollo del inventario. En algunos casos fue realizada por el mismo autor de los cálculos originales como una forma de autochequeo o por el miembro del equipo a cargo del Control de Calidad.

Para cada metodología empleada en la estimación de emisiones para los distintos tipos de fuentes se revisó que cada fórmula introducida en las hojas de cálculo fuera la correcta. Este procedimiento se realizó verificando que las casillas involucradas en la fórmula corresponden con las variables de la misma y posteriormente a través de réplicas de los cálculos realizados manualmente.

3.4.1.4 CHEQUEOS COMPUTARIZADOS

Los chequeos computarizados se refieren a pruebas automatizadas de los datos que pueden programarse en funciones de bases de datos, modelos o bien en hojas de chequeo. Pueden emplearse funciones automatizadas de Control de Calidad para facilitar chequeos de paridad o, en algunos casos, reemplazar chequeos de veracidad manuales. Los chequeos computarizados de sistemas de CC pueden procesar grandes volúmenes de datos de forma rápida y eficaz, reduciendo significativamente el tiempo requerido para la elaboración de un inventario. Pueden emplearse chequeos automáticos para:

- Verificar errores en el formato de los datos.
- Asegurar que los datos se sitúan en un rango de un mínimo y un máximo especificados.

Los tipos de chequeos computarizados utilizados en este estudio no sólo se refieren a los realizados en hojas de cálculo para estimación de emisiones, sino a controles que realiza internamente la Interfaz de consulta y actualización de los datos de la Base de datos. A continuación se detallan los tipos de chequeo que se utilizaron en este inventario.

Tabla 3.4. Tipos de chequeos computarizados para control de calidad

TIPO DE CHEQUEO COMPUTARIZADO	DESCRIPCIÓN	FORTALEZAS/ LIMITACIONES
Chequeo de la entrada de un valor	Alerta al usuario si hay un error en la transcripción del dato o si se está ingresando un valor errado.	Reduce los errores en procesos, especialmente si aparece una advertencia y/o si la entrada del dato incorrecto es prohibida.
Cheques de rangos de valores	Determina si el valor ingresado se encuentra dentro del rango de aceptabilidad esperado.	Resalta o marca datos sospechosos para posteriores revisiones. No elimina la posibilidad de que un valor erróneo ingresado se encuentre dentro del rango o que el valor que se encuentre fuera del rango sea correcto
Tablas relacionadas	Usa un parámetro (por ejemplo una variable de entrada suministrada por el usuario) para seleccionar otros parámetros apropiados de otra tabla.	Elimina algunos tipos de errores en la entrada de datos; asegura la consistencia en los datos.
Menús Desplegables	Presenta una selección de los valores posibles para un campo en particular.	Elimina la transcripción de errores, reduce la posibilidad de ingresar valores errados debido a falta de entendimiento por parte del usuario de lo que realmente se debe entrar. No elimina la posibilidad de que el usuario haga una escogencia errada.
Cheques de consistencia y verificación que los datos están completos.	Verifica que algunos campos tengan información alimentada; o, si cierto campo tiene datos, verifica que los otros campos requeridos también tengan datos.	La verificación que los datos estén completos es con frecuencia difícil de cuantificar; en la práctica, se usa un valor esperado mínimo de datos a ingresar. No asegura que los datos sean correctos.

Fuente: Manual de evaluación del programa de inventario de emisiones

3.4.2 PROCEDIMIENTOS DE CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD PARA MÉTODOS ESPECÍFICOS DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES

Para la definición de las metodologías para la estimación de emisiones, se consultaron inicialmente las secciones del EIIP (Protocolo de inventario de Emisiones de Estados Unidos) correspondiente a Fundamentos del inventario de emisiones, Fuentes Puntuales, Fuentes de Área y Fuentes Móviles.

3.4.2.1 PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE CALIDAD PARA CÁLCULOS DE EMISIONES

Los cálculos se realizaron siguiendo las recomendaciones de los manuales de la EPA, y en general se verificó su desarrollo y exactitud para garantizar al máximo posible el resultado final.

Los supuestos, datos de entrada, información adicional y otras actividades referentes a los cálculos fueron documentados para posibilitar su revisión y verificación; la documentación de soporte cubre:

- Información proporcionada por las fuentes.
- Información bibliográfica.
- Datos de entrada y salida de los modelos utilizados.
- Hojas de cálculo utilizando factores de emisión y balance de materiales.
- Reportes de resultados.
- Para el aseguramiento de los resultados en esta actividad, se llevaron a cabo los siguientes chequeos:
 - Chequeos de veracidad
 - Chequeos de paridad
 - Repetición de cálculos particulares

3.4.2.2 PROCEDIMIENTOS ASEGURAMIENTO Y CONTROL DE CALIDAD PARA EL MANEJO DE LA INFORMACIÓN

El manejo de información se llevó a cabo en diferentes procesos como transcripción de datos, desarrollo de cálculos, organización de hojas de cálculo, aplicación de factores, aplicación de modelos y alimentación de la base de datos.

Para efectos de control de calidad durante el manejo de la información, se realizaron los siguientes chequeos:

- Chequeos de veracidad
- Chequeos de paridad
- Chequeos computarizados

a) CHEQUEOS DE CALIDAD DE LA BASE DE DATOS

Con el fin de obtener una base de datos del inventario con información alimentada acorde a la información recolectada y que emitiera reportes de emisiones del inventario veraces, se realizaron diferentes chequeos, los cuales se explican a continuación.

Después de la alimentación de la base de datos total, se tomó una muestra de empresas y se verificaron que todos los datos concernientes a dichas industrias, estuvieran acordes con los recolectados y con las emisiones estimadas. A medida que se encontraron errores durante esta verificación, fueron corregidos de inmediato.

De igual forma, se verificó la veracidad y exactitud de los reportes emitidos por la base de datos debido a que, para estos, esta aplicación realiza ciertos cálculos con los datos introducidos. Para este chequeo, se realizaron cálculos manuales para cada una de las fuentes de emisión consideradas.

Este tipo de chequeos se realizaron durante todo el proceso de control de calidad de la base de datos para cada una de los reportes generados por la base de datos

(Espacio intencionalmente en Blanco)

4 METODOLOGÍA DE ELABORACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES

El proceso que se llevó a cabo para elaborar el inventario de emisiones en el municipio de Cartago se fundamenta en el capítulo cuarto del manual de Fundamentos y Planeación de Inventarios de Emisiones. La siguiente figura esquematiza el proceso de elaboración del inventario de emisiones.

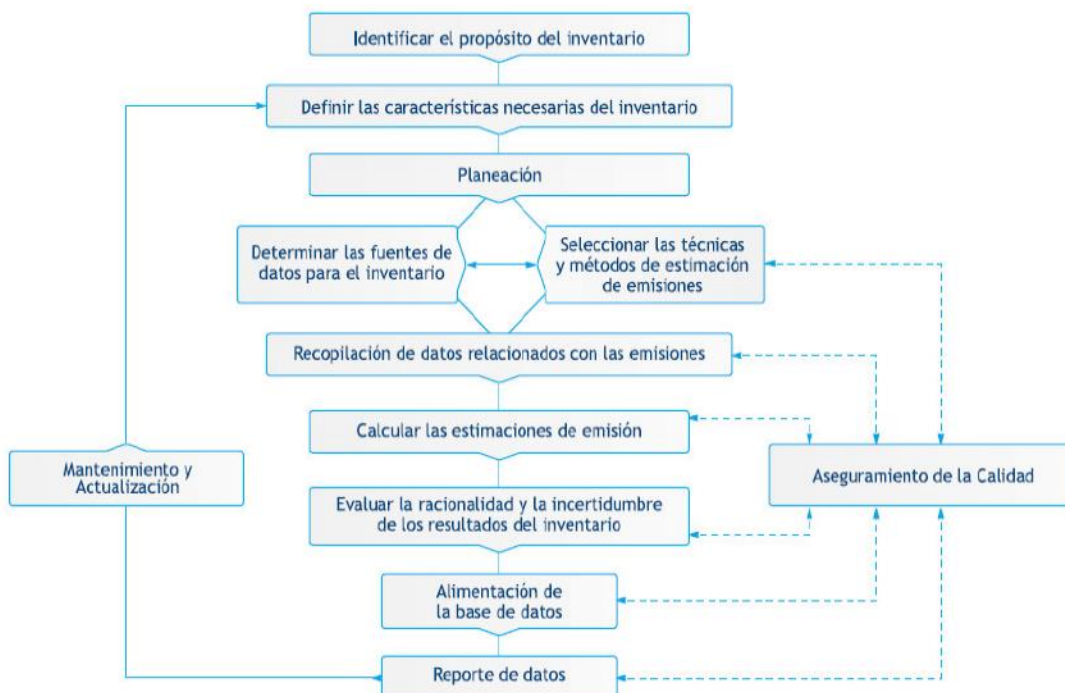


Figura 4.1 Pasos técnicos para el desarrollo de un inventario de emisiones
Fuente: MADS (Manual de Fundamentos y Planeación Inventarios de Emisiones)

Los pasos anteriores se pueden resumir en tres fases de ejecución que se realizaron durante el año 2018.



Figura 4.2 Metodología Estimación Emisiones atmosféricas
Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

4.1 FASE I - LEVANTAMIENTO O RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

A continuación se describe el origen de obtención de información clasificada por tipo de fuente de emisión:

4.1.1 FUENTES PUNTUALES

- a) Revisión de la información consignada en los expedientes de las empresas archivados en la DAR sur occidente, entidad que suministra la información: CVC.

En esta etapa se recopiló la información consignada en los expedientes de:

- INVERSIONES BELLAVISTA S.A.S. (Ladrillera Bellavista)
- INGREDION COLOMBIA S.A. (Planta de Bienestarina ICBF)
- PRODUCTORA DE ALIMENTOS CONCENTRADOS PARA ANIMALES CONTEGRAL S.A.S.
- VARGAS CADAVID ELIECER (Ladrillera del Valle)
- COMPAÑIA INDUSTRIAL DE PRODUCTOS AGROPECUARIOS S.A. (CIPA S.A.)
- LADRILLERA Y ARCILLAS SAN JOSE S.A.S
- LADRILLERA ARCILLAS LTDA
- LADRILLERA MARISCAL ROBLEDO (ARCASA)
- INVERSIONES Y CONSTRUCCIONES EL CARMEN S.A.S. (Ladrillera Ladrillar)

- b) Revisión, verificación y consolidación de la información consignada en el documento final del convenio 099 de 2016, entidad que suministra la información: CVC.

- c) Revisión y verificación de la información consignada en el reporte del registro ambiental manufacturero del año 2015, suministrado por la CVC. Se identificó que no hay información reportada en el RUA para el municipio de Cartago.

4.1.2 FUENTES ÁREA

- a) Información de Plantas de Tratamiento de aguas residuales, entidad que suministra la información Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.
- b) La información sobre uso de combustible en fuentes estacionarias y actividades de consumo energético, entidad que suministra la información Unidad de Planeación Minero Energética (UPME):
- c) Se solicitó información referente a los Planes de Ordenamiento Territorial (POT), entidad que suministra la información Alcaldías Municipales:
- d) La información sobre generación de residuos se buscó en los planes de gestión integral de residuos sólidos.

4.1.3 FUENTES MOVILES

- a) Solicitud de información del parque automotor activo, planos cartográficos de las vías primarias, secundarias y terciarias del municipio de Cartago, a la Secretaría de Tránsito y Transporte Municipal.
- b) Con el fin de obtener conteos vehiculares y velocidades promedio de las vías, se realizaron aforos vehiculares.
- c) Solicitud de información al INVIAS sobre: conteos vehiculares en las principales vías en la ciudad, mediciones de velocidades en las vías y el plan de movilidad de Cartago.
- d) Para poder desarrollar el inventario de emisiones se tiene que tener información sobre los combustibles como:
 - Cantidad de combustibles suministrados para uso vehicular en los años 2017 y 2018 en el municipio de Cartago. Los combustibles de interés son: (Gasolinas para motor (regular y extra), Diesel para motor (ACPM), Gas Natural Vehicular (GNV)).
 - Cantidad de combustibles suministrados para uso industrial en el último año en el municipio de Cartago. Los combustibles de interés son: (Gas Licuado de Petróleo - (GP), Gas Natural (G/N), Otros (Dieseles, Virginoil, Queroseno, Turbocombustible, etc.)
- e) Composición de los combustibles utilizados en el municipio de Cartago: Esta información se solicitó a las empresas de Fendipetróleo seccional suroccidente valle y cauca, ExxonMobil de Colombia S.A., Organización TerpelS.A., Chevron – Texaco Petroleum Company y Ecopetrol S.A.
- f) Aforos vehiculares: se instalaron 8 cámaras de video en puntos estratégicos para realizar aforos vehiculares de 24 horas continuas. La caracterización de las vías y determinación de los flujos vehiculares y patrones de conducción se estudiaron para vías principales y residenciales para días ordinarios y dominicales en jornada diurna y nocturna.

Tabla 4.1 Puntos de aforos vehiculares 24 Horas

PUNTOS	VÍAS OBJETO DE AFORO
1	Cra. 2 Calle 35.
2	Calle 14 Cra 12.
3	Cra. 15 Transversal 7
4	Cra. 6 Calle 12
5	Cra. 22 Salida a Cali
6	Cra. 7 Calle 15
7	Cra 5 Calle. 11
8	Cra. 5N Calle 24

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

La información obtenida se analizó y se procesó para su posterior utilización como insumo al modelo IVE.

4.2 FASE II - COMPLEMENTO DE LA INFORMACIÓN

4.2.1 FUENTES PUNTUALES Y DE ÁREA

- a) Identificación de establecimientos que no aparecen registrados en el reporte del registro ambiental manufacturero obtenido, ni en los expedientes archivados en la DAR Sur Occidente, pero que por su actividad pudiesen generar emisión de contaminantes a la atmosfera.
- b) Compra de base de datos de la Cámara de Comercio e identificación de los establecimientos grandes, medianos, pequeños y microempresas del sector manufacturero que por su actividad pudiesen generar emisiones atmosféricas.
- c) Llamadas telefónicas, encuestas presenciales y virtuales, por la experiencia obtenida en el desarrollo de inventarios de emisiones, se complementó la base de datos de fuentes emisoras mediante la recolección de información primaria.

4.2.2 FUENTES MOVILES

- a) Se obtuvieron conteos vehiculares de 15 minutos en 101 puntos distribuidos en todo el municipio, que se realizaron en la actualización de los mapas de ruido.
- b) Recorridos programados en vías (primarias, secundarias y terciarias) del municipio, con el objetivo de identificar patrones de conducción de los diferentes tipos de vehículos que transitan en el municipio (motocicletas, vehículos livianos, vehículos pesados).
- c) Encuestas a propietarios de vehículos particulares y de servicio público, con el fin de establecer: tipo y modelo del vehículo, frecuencias de uso, kilometraje recorrido, frecuencia de uso de aire acondicionado.

4.3 FASE III –CONSOLIDACIÓN Y ANALISIS DE LA INFORMACIÓN

4.3.1 FUENTES PUNTUALES Y DE ÁREA

- a) Verificación, depuración y consolidación del listado de empresas que tienen registro en la corporación y las empresas del sector manufacturero registradas en la base de datos de cámara y comercio que, por su actividad comercial, industrial o de servicios pudieran generar emisiones atmosféricas.
- b) Estandarización y consolidación de la información generando una base de datos con información de los establecimientos inventariados, que incluye la información legal, contacto y ubicación del establecimiento, funcionamiento de la fuente, clasificación según su actividad en las categorías contempladas como generador de GEI, entre otros aspectos relevantes.

- c) Calculo de emisiones por fuente generadora según Factores de Emisión del AP42 de US EPA.

4.3.2 FUENTES MOVILES

- a) Consolidación de aforos vehiculares, depuración y extrapolación a todas las vías del municipio.
- b) Calculo de emisiones mediante el modelo IVE.

4.4 GASES DE EFECTO INVERNADERO (GEI)

Los malos hábitos de vida, el desmesurado uso de los suelos y el consumo masivo de los recursos naturales han venido generando modificaciones en el ambiente, como lo es el cambio climático y calentamiento global. Estas alteraciones que ha tenido el medio ambiente es generado por los llamados Gases Efecto Invernadero (GEI), “que son las suma de gases que integran la atmósfera, de origen natural y antropogénico, que absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la tierra, la atmosfera y las nubes. Esta propiedad causa el efecto invernadero”⁷.

El vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄), y ozono (O₃) son los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre. Además existe en la atmósfera una serie de gases de efecto invernadero totalmente producidos por el hombre, como los halocarbonos y otras sustancias que contienen cloro y bromuro, de las que se ocupa el Protocolo de Montreal. Además del CO₂, N₂O, y CH₄, el Protocolo de Kiyoto aborda otros gases de efecto invernadero, como el hexafluoruro de azufre (SF₆), los hidrofluorocarbonos (HFC), y los perfluorocarbonos (PFC).

4.4.1 GRUPOS FUENTE DE EMISIONES GEI

Las directrices del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés)⁸ agrupan las emisiones en cuatro grandes grupos: 1) Energía; 2) Procesos Industriales y uso de productos (IPPU, por sus siglas en inglés); 3) Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU, por sus siglas en inglés); y 4) Residuos.

4.4.1.1 ENERGÍA

En este grupo se calculan las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O generadas por la quema de combustibles en hornos, calderas, motores u otros aparatos para producir calor o trabajo mecánico para llevar a cabo actividades o procesos en diferentes sectores de la

⁷ http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/mercury-in-cfl/es/mercurio-lamparas-bajo-consumo/glosario/ghi/gas-efecto-invernadero.htm

⁸ Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero Volumen 2. Energía. Factores de emisión IPCC. Capítulo 2: Combustión Estacionaria. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/index.html>

economía; y emisiones por venteo, quema en antorcha y fugitivas durante las actividades de extracción, procesamiento, producción, almacenamiento y distribución de combustibles (IDEAM, 2016). Estas emisiones se dividen en los subgrupos: industrias de la energía, industrias manufacturera, transporte y emisiones fugitivas provenientes de la fabricación de combustible.

4.4.1.2 PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS

En este grupo se incluyen las emisiones de CO₂, CH₄, N₂O, HFC-32, HFC-134a, HFC-143a, HFC-152 y SF₆, GEI generados como resultado de la reacción entre materias primas empleadas en diferentes procesos químicos. Este grupo se subdivide en: industria de los minerales, industria química, industria de los metales, uso de productos no energéticos de combustibles y de solventes y manufactura y utilización de otros productos.

4.4.1.3 AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA

En este grupo se estiman las emisiones y absorciones antropogénicas de CO₂, CH₄ y N₂O que ocurren en las tierras donde se han aplicado intervenciones y prácticas humanas para llevar a cabo funciones productivas, ecológicas o sociales (IPPC, 2006). El grupo se subdivide en tres (3) subgrupos principales: ganadería, tierras que permanecen y fuentes agregadas y emisiones NO y CO₂ provenientes de la tierra.

4.4.1.4 RESIDUOS

En este grupo se reportan las emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O generadas en la disposición, tratamiento y gestión de residuos sólidos y aguas residuales. Se dividen en los subgrupos: eliminación de desechos sólidos, incineración e incineración abierta de desechos y tratamiento y eliminación de aguas residuales.

4.4.2 METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES GEI

El cálculo de emisiones de GEI bajo las directrices del IPCC se basa en datos de actividad (también llamados factores de actividad) provenientes de las estadísticas nacionales y departamentales, y en factores de emisión. En su forma más general y sencilla, las emisiones se calculan mediante la siguiente ecuación (Figura 4.3):

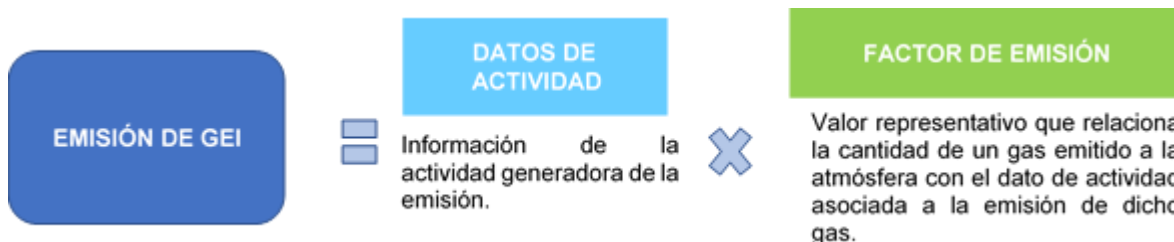


Figura 4.3. Ecuación cálculo de emisiones de GEI.

Fuente: Adaptado de Inventario Nacional y Departamental De Gases Efecto Invernadero - Colombia. IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. 2016.

Donde:

Datos de actividad (TJ): Es la información relacionada al tamaño de la actividad generadora de emisiones, puede ser expresado en cantidad de combustible quemado, cantidad producida en procesos, cantidad de residuos incinerados, etc.

Factor de emisión (kg del gas/TJ): Es un valor representativo que relaciona la cantidad de un gas emitido a la atmósfera con la actividad asociada a la emisión de dicho gas.

Emisión (kg GEI): Las unidades para reportar corresponden a unidades de masa (toneladas, gigagramos, megatoneladas) de cada GEI expresada en CO₂ equivalente. Para poder llegar a estas unidades se debe multiplicar las emisiones de cada GEI por su "Potencial de calentamiento global" (GPM)

Dentro de las directrices del IPCC (2006), se presenta una jerarquización según la información de factores de emisión con las que se cuentan en la región para el inventario de GEI.

Nivel 1: Factores de emisión que las directrices del IPCC proveen en una base de datos consolidada a partir de factores obtenidos y evaluados en investigaciones internacionales y que de forma global resultan representativos para ser usados por los países. Por consiguiente, los factores del IPCC pueden ser usados por países que no cuenten con factores de emisión propios.

Nivel 2: Factores de emisión propios derivados de investigaciones específicas validadas en cada país o que hayan sido calculados con información propia de país.

Nivel 3: Otros factores pueden obtenerse a partir de mediciones directas in situ. Datos de actividad altamente desagregados.

Debido a que la información relacionada con la actividad desarrollada por la industria (consumo de combustible o cantidad producida) se encuentra en unidades de masa, volumen, etc., se hace necesaria la conversión de las unidades convencionales de combustible a TJ para lo cual se emplean los factores de conversión que ha definido la UPME⁹ para Colombia los cuales se muestran en la Tabla 4.2

Tabla 4.2 Factores de conversión

COMBUSTIBLE	FACTOR DE CONVERSIÓN		
GAS NATURAL	39,4987	MJ/m ³	3,9499E-05 TJ/m ³
CARBÓN	30,0258	MJ/Kg	3,0026E-05 TJ/Kg
BAGAZO	17,2247	MJ/Kg	1,7225E-05 TJ/Kg
GLP	48,4906	MJ/Kg	4,8491E-05 TJ/Kg
GASOLINA	43,254	MJ/Kg	4,3254E-05 TJ/Kg
CASCARILLA DE ARROZ	16,3053	MJ/Kg	1,6305E-05 TJ/Kg
DIÉSEL	45,275	MJ/Kg	4,5275E-05 TJ/Kg

Fuente: UPME

⁹ Calculadora FECOC 2016 (Factores de Emisión de los combustibles colombianos): http://www.upme.gov.co/calculadora_emisiones/aplicacion/calculadora.html

De esta forma el consumo de combustible es primero pasado a unidad /año y luego a TJ/año para la realización del cálculo de la emisión de GEI.

A continuación, en la Tabla 4.3 se relacionan los factores de emisión utilizados para la estimación de las emisiones de Gases Efecto Invernadero para el inventario de Cartago.

Tabla 4.3 Factores de Emisión de GEI definidos por IPCC

TIPO DE COMBUSTIBLE	FE_CO ₂ (Kg CO ₂ /TJ)	FE_CH ₄ (Kg/TJ)	FE_N ₂ O (Kg/TJ)	FUENTE DE INFORMACIÓN
Gas natural	56100	5	0,1	Gas natural_cuadro 2.4 categoría comercial/institucional
Gas natural	56100	1	0,1	Gas natural _ cuadro 2.2 industrias energéticas
Gas natural	56100	1	0,1	Gas natural_cuadro 2.3 industrias manufactureras y de la construcción
Bagazo de caña	100000	30	4	Otra biomasa sólida primaria_cuadro 2.3 industrias manufactureras y de la construcción
Carbón	94600	300	1,5	Carbón de coque cuadro 2.5 residencial y agricultura/silvicultura / pesca / piscifactoría
Carbón	94600	10	1,5	Carbón de coque_cuadro 2.3 industrias manufactureras y de la construcción
Cascarilla de arroz	100000	30	4	Otra biomasa sólida primaria_cuadro 2.3 industrias manufactureras y de la construcción
Cascarilla de café	100000	30	4	Otra biomasa sólida primaria_cuadro 2.3 industrias manufactureras y de la construcción
Diésel	74100	10	0,6	Gas/diesel oil _ cuadro 2.4 categoría comercial / institucional
Gasolina	69300	10	0,6	Gasolina para motores_ cuadro 2.4 categoría comercial / institucional
GLP	63100	1	0,1	Gases licuados de petróleo_ cuadro 2.3 industrias manufactureras y de la construcción

Conforme a lo definido por el IPCC en el Capítulo 2: Combustión Estacionaria, los factores corresponden a un conjunto de factores de emisión por defecto para usar en las estimaciones de emisión de Nivel 1 para las categorías de fuente. En numerosas categorías de fuente, se usan los mismos combustibles y tienen los mismos factores de emisión para el CO₂. Los factores de emisión del CO₂ están expresados en unidades de kg CO₂/TJ sobre la base del valor calórico neto y reflejan el contenido de carbono del combustible y la hipótesis de que el factor de oxidación del carbono es 1.

Difieren los factores de emisión del CH₄ y N₂O para diferentes categorías de fuente debido a las diferencias en las tecnologías de combustión aplicadas en las distintas categorías de fuente. Los factores por defecto presentados para el Nivel 1 se aplican a las

tecnologías sin controles de emisión. Estos factores, suponen una combustión eficaz a alta temperatura y son aplicables en condiciones estables y óptimas y no toman en cuenta el efecto de las puestas en marcha, las desactivaciones, ni la combustión con cargas parciales.

Para los factores de emisión por defecto presentados en la Tabla 4.3 para la combustión estacionaria, tienen las siguientes consideraciones CO₂, CH₄ y N₂O:

- Los procesos de combustión se optimizan para derivar la cantidad máxima de energía por unidad de combustible consumido, con lo que se logra la máxima cantidad de CO₂. La quema eficaz del combustible garantiza la oxidación de la máxima cantidad de carbono disponible en el combustible. Los factores de emisión de CO₂ correspondientes a la quema de combustible son, por lo tanto, relativamente insensibles al proceso de quema en sí y, por ello, dependen casi en forma exclusiva del contenido de carbono del combustible, el cual puede variar de forma considerable. Una pequeña parte del carbono combustible que ingresa en el proceso de combustión escapa a la oxidación, esta fracción suele ser pequeña (99 a 100 por ciento del carbono se oxida) y los factores de emisión por defecto se derivan sobre la hipótesis de la oxidación del 100 por ciento.
- Los factores de emisión para el CH₄ y el N₂O se basan en las Directrices del IPCC de 1996. Se fijaron estos factores de emisión tomando el dictamen de un grupo grande de expertos en inventarios, y todavía se los considera válidos.

4.4.2.1 *Estimación de emisiones de GEI a causa del fuego*¹⁰

Debido a que se requiere estimar el efecto producido por la quema en la cosecha manual, cuando se realiza la quema de la caña para facilitar el corte, se utilizó la metodología genérica para estimar las emisiones de gases de efecto invernadero individuales para los usos de la tierra, definida en el Volumen 4 Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, capítulo 2 Metodologías genéricas aplicables a múltiples categorías de uso de la tierra, y se utilizan los factores específicos para “Residuos agrícolas (quema de campo post-cosecha)” considerando que referente a la caña de azúcar, los datos se refieren al quemado previo a la cosecha del cultivo.

Finalmente se aplicó la siguiente ecuación:

ECUACIÓN 2.27
ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO A CAUSA DEL FUEGO

$$L_{\text{fuego}} = A \cdot M_B \cdot C_f \cdot G_{ef} \cdot 10^{-3}$$

Donde:

L_{fuego} = Cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero provocados por el fuego, ocasionada por cada gas analizado (CO₂, NH₄ y N₂O)

¹⁰ https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/pdf/4_Volume4/V4_02_Ch2_Generic.pdf

- A = Superficie quemada en hectáreas
 M_B = Masa de combustible disponible para la combustión.
 C_f = Factor de combustión
 G_{ef} = Factor de emisión de biomasa quemada por cada gas analizado

En la siguiente tabla se presentan los factores de emisión para la estimación de emisiones de Gases Efecto Invernadero disponibles en la Directriz IPCC 2006 para la quema de caña de azúcar antes de la cosecha.

Tabla 4.4 Factores de emisión utilizados para la estimación de emisiones de GEI por quema de caña de azúcar

Cf (caña)	Mb (caña)	FE_CO2 (g/kg materia quemada)	FE_CH4 (g/kg materia quemada)	FE_N2O (g/kg materia quemada)	FE_CO (g/kg materia quemada)	FE_NOx (g/kg materia quemada)
0,8	6,5	1515	2,7	0,07	92	2,5

4.5 DIFICULTADES PRESENTADAS EN LA TOMA DE INFORMACIÓN

Vacíos de información debido a expedientes o formularios RUA, inexistentes, incompletos, desactualizados o mal diligenciados.

Negación o demora de las empresas y entidades al dar respuesta a la información solicitada.

Algunas entidades como el INVIAS, ECOPEPETROL S.A y Fendipetróleo no tenían la información, ya que ésta no era de su campo de acción.

Finalmente de todos los registros de cámara de comercio algunas de las empresas con posibles fuentes de emisión están mal inscritas en la cámara de comercio o no se encuentran operando actualmente.

(Espacio intencionalmente en Blanco)

5 CALCULOS

5.1 FACTORES DE EMISIÓN

La selección de factores de emisión (FE) se realizó mediante la revisión exhaustiva del documento AP-42 de la EPA, con base en la revisión y clasificación de las fuentes que se encontraron dentro del municipio.

Dentro del universo de fuentes se identificaron fuentes de proceso y fuentes de combustión, debido a que cada uno de los factores sugeridos por la EPA se encuentra en un capítulo diferente según su clasificación se realizó la división por fuente de proceso y fuente de combustión (Tabla 5.1), de igual forma cada uno de los factores de emisión fue llevado a unidades del sistema internacional con el fin de hacer más sencilla la contabilización de las emisiones partiendo de los consumos de combustible que son entregados por las industrias en este mismo sistema.

Todos los FE de emisión se encuentran identificados (Tabla 5.1) con fuente y con la claridad del capítulo y la tabla de donde fue tomada la información.

Los cálculos de las emisiones atmosféricas se realizaron teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Contaminantes evaluados: PM, SO₂, NO₂, CO, COVs y GEI.
- Información tomada para calcular las emisiones: información de expedientes e información recolectada por medio de llamadas y encuestas (algunas de ellas enviadas por las empresas y otras diligenciadas en campo).
- Metodología utilizada para calcular las emisiones: Factores de Emisión.
- Factores de emisión utilizados: EPA.

Las metodologías de cálculo varían de acuerdo a la actividad de la empresa y la información reportada por la misma. Los cálculos por factores de emisión se dividen en dos tipos: por combustión y por proceso.

5.1.1 CÁLCULOS POR COMBUSTIÓN

La información que se tiene que tener en cuenta para determinar las emisiones por combustión son:

- Capacidad del equipo de combustión
- Tipo de combustible, Consumo
- Sistemas de control y eficiencia
- Horarios de Operación

La siguiente figura ilustra la metodología para llevar a cabo este tipo de cálculos.

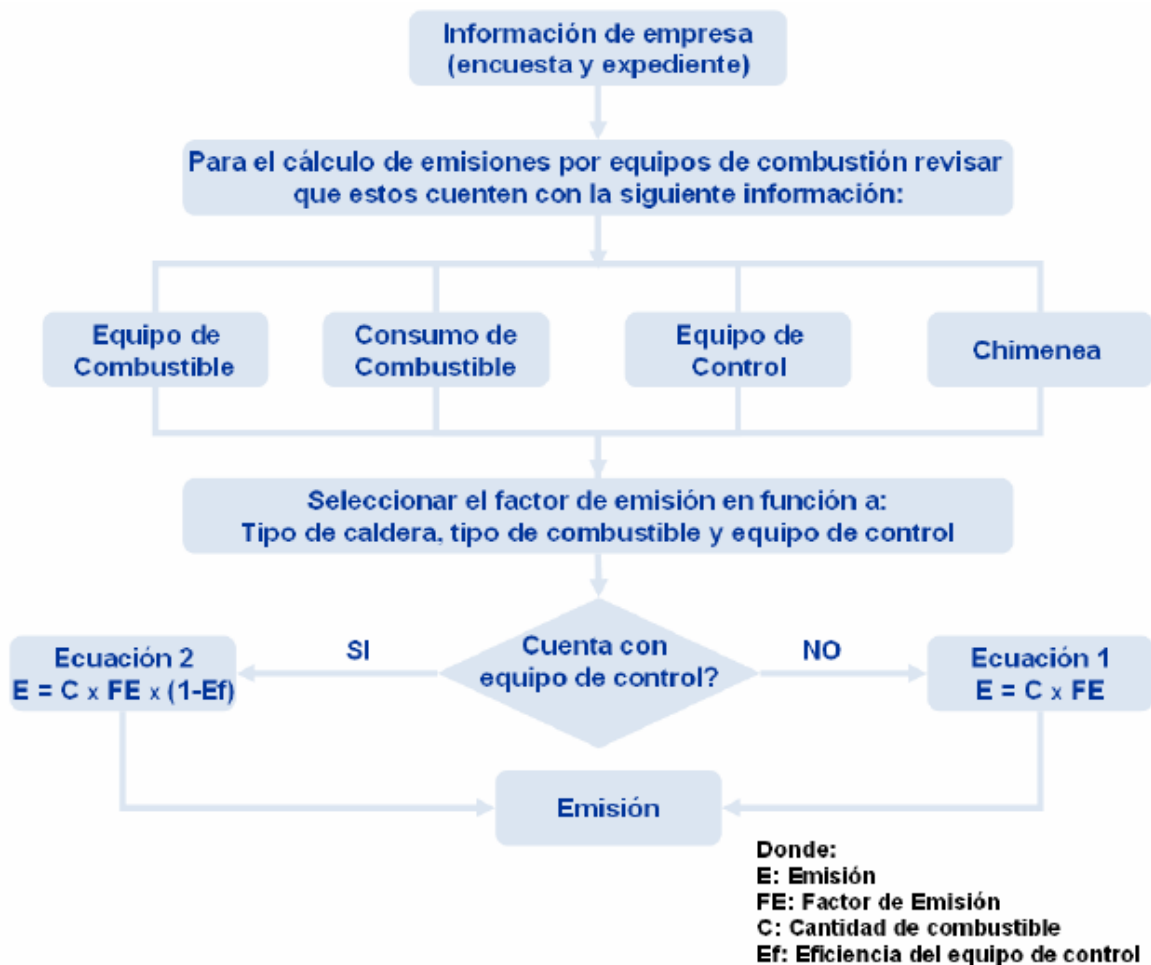


Figura 5.1 Algoritmo para el cálculo de emisiones por combustión
Fuente: MADS (Manual de Inventario de Fuentes Puntuales)

5.1.2 CÁLCULOS POR PROCESO

En este tipo de cálculos se analizan por separados los equipos y operaciones llevadas a cabo en el proceso de producción de cada empresa, también se tienen en cuenta los equipos de control y sus eficiencias. A continuación se ilustra la metodología a seguir para determinar las emisiones teniendo en cuenta el tipo de proceso.

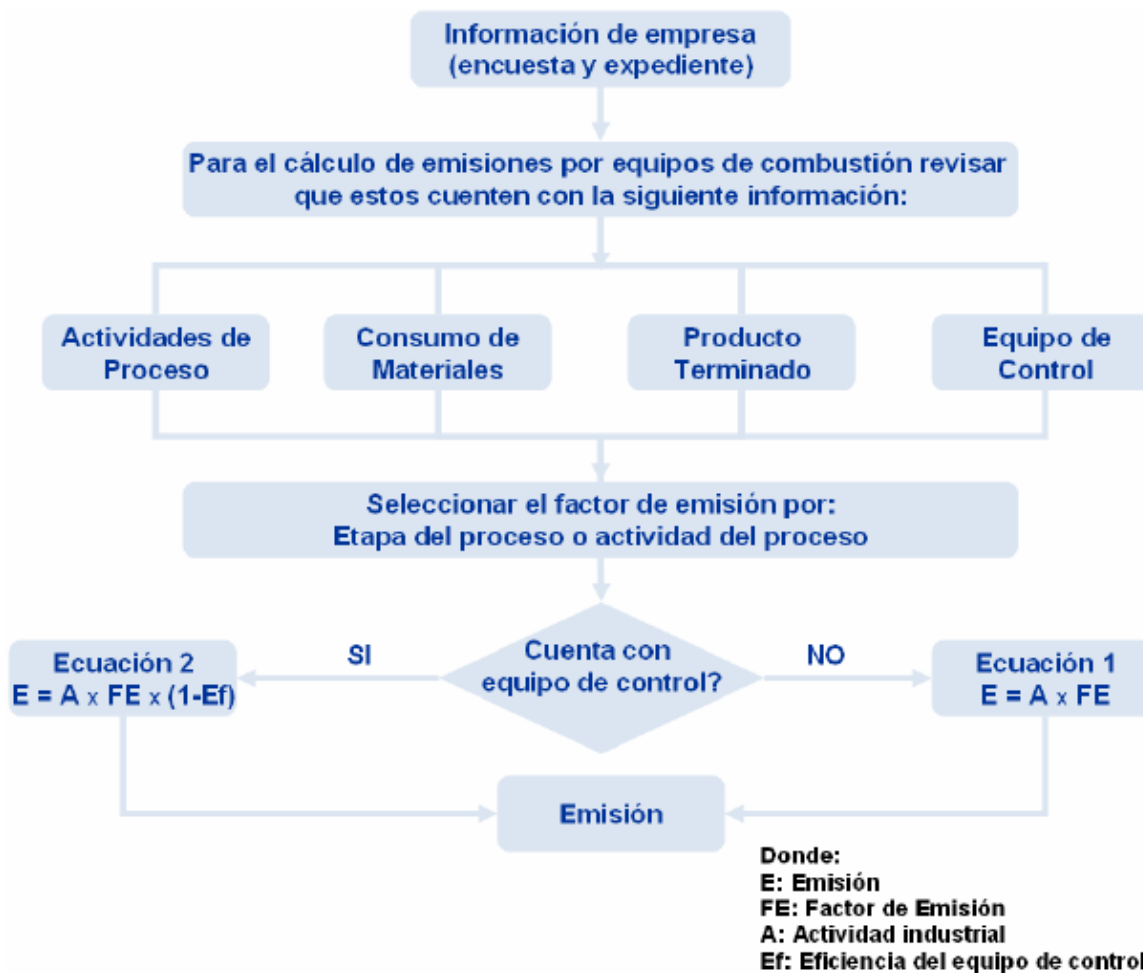


Figura 5.2 Algoritmo de cálculo de emisiones por proceso
Fuente: MADS (Manual de Inventario de Fuentes Puntuales)

A continuación se presentan los factores de emisión utilizados para realizar los cálculos de emisión en fuentes fijas puntuales y fuentes de área.

(Espacio intencionalmente en Blanco)

INVENTARIO EMISIONES ATMOSFERICAS CARTAGO 2018

Tabla 5.1 Factores de emisión a utilizar por tipo de combustible

Fuente	Características	FACTORES DE EMISIÓN POR CONTAMINANTE									FUENTE DE INFORMACIÓN	UNIDAD	
		GEI			CONTAMINANTES CRITERIO								
		CH4	N2O	FUENTE DE INFORMACIÓN	FE_PM	FE_NOx	FE_CO	FE_SOx	FE_COVs	FE_CO2			
CLASE DE FUENTE													
Fuentes de proceso													
Torre de sulfitación	Procesamiento de azúcar											9.10.1.1 Cane Sugar Processing	
Molino	Proceso de harinas	NR	NR	NR	0,033975	NR	NR	NR	NR	NR	NR	Chaper 9.9.1 Grain Elevators And Processes - Storage bin (vent) (SCC 3-02-005-40)	g/Kg
Peletizadora	Alimentos para animales	NR	NR	NR	1,359	NR	NR	NR	NR	NR	NR	Chaper 9.9.1 Grain Elevators And Processes - Rack dryer (SCC 3-02-005-28)	g/Kg
Cribador	Alimentos	NR	NR	NR	0,011325	NR	NR	NR	NR	NR	NR	Chaper 9.9.1 Grain Elevators And Processes - Grain cleaning (SCC 3-02-005-03)	g/Kg
Sasor	Filtración de cereales	NR	NR	NR	0,033975	NR	NR	NR	NR	NR	NR	Chaper 9.9.1 Grain Elevators And Processes - Rack dryer (SCC 3-02-005-28)	g/Kg

INVENTARIO EMISIONES ATMOSFERICAS CARTAGO 2018

Fuente	Características	FACTORES DE EMISIÓN POR CONTAMINANTE									FUENTE DE INFORMACIÓN	UNIDAD
		GEI			CONTAMINANTES CRITERIO							
		CH4	N2O	FUENTE DE INFORMACIÓN	FE_PM	FE_NOx	FE_CO	FE_SOx	FE_COVs	FE_CO2		
CLASE DE FUENTE												
Fuentes de combustión												
Horno Secado	Cascarilla de café	NR	NR	NR	7,0668	0,5436	NR	NR	NR	706,68	Table 1.8-1. de Chapter Bagasse Combustion In Sugar Mills	g/Kg
Quemador	Cascarilla de arroz	NR	NR	NR	7,0668	0,5436	NR	NR	NR	706,68	Table 1.8-1. de Chapter Bagasse Combustion In Sugar Mills	g/Kg
Caldera	Combustible bagazo de caña	NR	NR	NR	7,0668	0,5436	NR	NR	NR	706,68	Table 1.8-1. de Chapter Bagasse Combustion In Sugar Mills	g/Kg
Horno Crematorio	Gas Natural	36,8643 6749	35,26156 89	Table 1.4-2. de Chapter 1.4 Natural Gas Combustion	121,812 6926	4487,836042	1346,3508 13	9,6167915 19	88,153922 26	1923358,3 04	Table 1.4-1 y 2. de Chapter 1.4 Natural Gas Combustion	mg/m3
Horno Panadería	Gas Natural	36,8643 6749	35,26156 89	Table 1.4- 2. de Chapter 1.4 Natural Gas Combustion	121,812 6926	1506,630671	641,11943 46	9,6167915 19	88,153922 26	1923358,3 04	Table 1.4-1 y 2. de Chapter 1.4 Natural Gas Combustion	mg/m3
Planta de Asfalto	Gas Natural	36,8643 6749	35,26156 89	Table 1.4-2. de Chapter 1.4 Natural Gas Combustion	121,812 6926	4487,836042	1346,3508 13	9,6167915 19	88,153922 26	1923358,3 04	Table 1.4-1 y 2. de Chapter 1.4 Natural Gas Combustion	mg/m3

INVENTARIO EMISIONES ATMOSFERICAS CARTAGO 2018

Fuente	Características	FACTORES DE EMISIÓN POR CONTAMINANTE									FUENTE DE INFORMACIÓN	UNIDAD
		GEI			CONTAMINANTES CRITERIO							
		CH4	N2O	FUENTE DE INFORMACIÓN	FE_PM	FE_NOx	FE_CO	FE_SOx	FE_COVs	FE_CO2		
CLASE DE FUENTE												
Caldera	Gas Natural	36,8643 6749	35,26156 89	Table 1.4-2. de Chapter 1.4 Natural Gas Combustion	121,812 6926	4487,836042	1346,3508 13	9,6167915 19	88,153922 26	1923358,3 04	Table 1.4-1 y 2. de Chapter 1.4 Natural Gas Combustion	mg/m3
Horno Secado	Carbón	2,265	0,01812	Table 1.1-19 (Hand-fed units) de chapter 1.1 Bituminous And Subbituminous Coal Combustion	6,795	4,1223	124,575	16,8516	NR	2795,463	Table 1.1-3 (Hand-fed units) de chapter 1.1 Bituminous And Subbituminous Coal Combustion	g/Kg
Caldera	Carbón	2,265	0,01812	Table 1.1-19 (Hand-fed units) de chapter 1.1 Bituminous And Subbituminous Coal Combustion	6,795	4,1223	124,575	16,8516	NR	2795,463	Table 1.1-3 (Hand-fed units) de chapter 1.1 Bituminous And Subbituminous Coal Combustion	g/Kg
Subestación eléctrica	Diésel	NR	5991,968 3	Table 1.3-1 de Chapter 1.3 Fuel Oil Combustion	47935,7 4637	2157108,587	599196,82 96	17017189, 96	NA	NA	Table 1.3-1 de Chapter 1.3 Fuel Oil Combustion	mg/m3
Caldera	Diésel	NR	5991,968 3	Table 1.3-1 de Chapter 1.3 Fuel Oil Combustion	239678, 7318	2157108,587	599196,82 96	17017189, 96	NA	NA	Table 1.3-1 de Chapter 1.3 Fuel Oil Combustion	mg/m3
Horno Crematorio	GLP	23999,5 7672	107998,0 95	Table 15-1 de Chapter 1.5 Liquefied Petroleum Gas Combustion	23999,5 7672	1559972,487	899984,12 7	2159,9619 05	NA	149997354 5	Table 15-1 de Chapter 1.5 Liquefied Petroleum Gas Combustion	mg/m3

INVENTARIO EMISIONES ATMOSFERICAS CARTAGO 2018

Fuente	Características	FACTORES DE EMISIÓN POR CONTAMINANTE									FUENTE DE INFORMACIÓN	UNIDAD
		GEI			CONTAMINANTES CRITERIO							
		CH4	N2O	FUENTE DE INFORMACIÓN	FE_PM	FE_NOx	FE_CO	FE_SOx	FE_COVs	FE_CO2		
CLASE DE FUENTE												
Horno Secado	GLP	24000	107998	Table 15-1 de Chapter 1.5 Liquefied Petroleum Gas Combustion	24000	1559972	899984	2160	NA	1499973545	Table 15-1 de Chapter 1.5 Liquefied Petroleum Gas Combustion	mg/m3
Estaciones de servicio												
	COVs	Unidades				COVs	Unidades					
Llenado del tanque	0,88	mg/ml	Table 5.2-7 de chapter 5.2 Transportation And Marketing Of Petroleum Liquids1			Llenado del tanque	880	mg/l	Table 5.2-7 de chapter 5.2 Transportation And Marketing Of Petroleum Liquids1			
Pérdidas (venta)	1,32	mg/ml				Pérdidas (venta)	1320	mg/l				
Derrames (venta)	0,08	mg/ml				Derrames (venta)	80	mg/l				

Fuente: U.S. Environmental Protection Agency (EPA), AP-42 Compilation of Air Pollution Emission Factor. NPI: National Pollutant Inventory.

5.2 MODELO INTERNACIONAL DE EMISIONES VEHICULARES IVE

Las emisiones para fuentes móviles fueron estimadas utilizando el Modelo Internacional de Emisiones Vehiculares IVE. Es un modelo computacional desarrollado por la Universidad de California en Riverside, el centro de Investigaciones ambientales CE-CERT6, y dos empresas privadas: GSSR7 e ISSRC8, con los fundamentos dados por la US EPA. Fue creado para ser usado en la estimación de las emisiones vehiculares en países en vía de desarrollo.

Las características únicas del modelo permiten:

- Evaluar el estado de polución del aire urbano
- Determinar la implementación de programas locales de control de contaminación y desarrollo de normatividad.
- Predecir la afectación del recurso aire ante la implantación de diferentes estrategias.
- Medir el progreso en la reducción de las emisiones en el tiempo.

5.2.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO

El proceso de estimación de emisiones que realiza el modelo se muestra en la Figura 5.3.

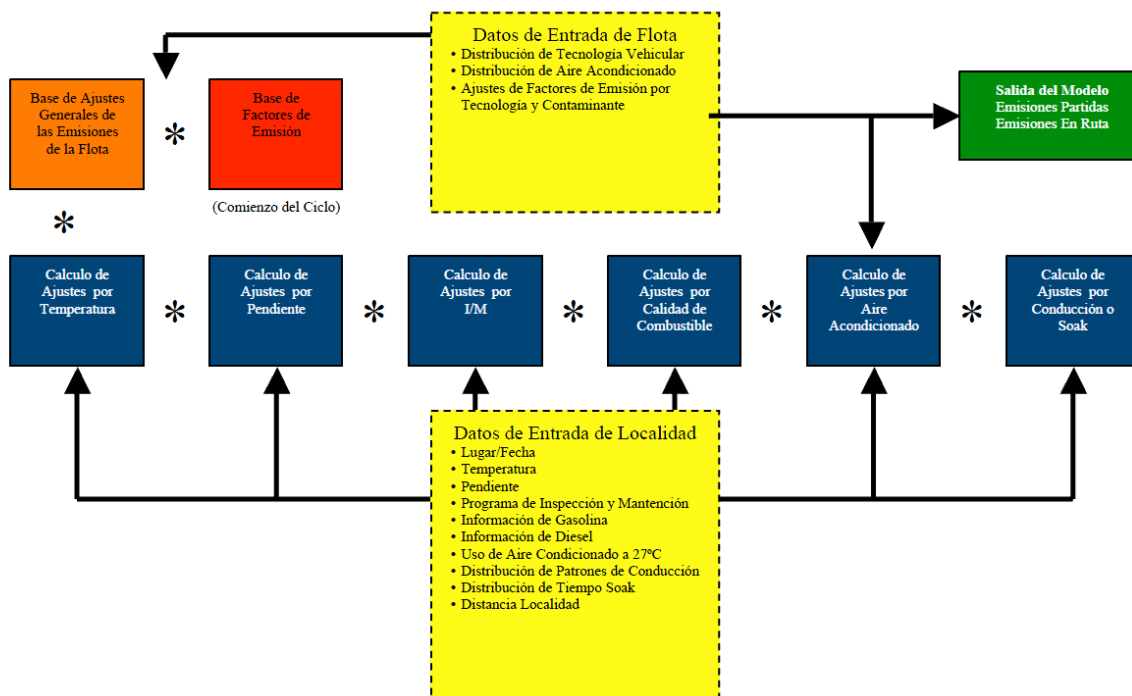


Figura 5.3 Estructura interna del modelo IVA

Fuente: Manual del Usuario IVE

5.2.2 MÓDULOS E INTRODUCCIÓN DE DATOS

5.2.2.1 MÓDULO DE CÁLCULO

El módulo de cálculo se encuentra en la pestaña inicial, la cual por defecto se observa al iniciar el modelo, y permite seleccionar las diferentes localidades y sus respectivas flotas de la lista de localidades disponibles. Adicionalmente se selecciona el período para el cual se quieren obtener las emisiones, las unidades en las que se requieren (gramos, kilogramos, miligramos, etc.) y muestra los resultados para los siguientes contaminantes:

- Contaminantes criterio: Monóxido de Carbono (CO), Material particulado menor a 10 micras (PM₁₀), Compuestos Orgánicos volátiles (VOC), Óxidos de Azufre (SO_x) y Óxidos de Nitrógeno (NO_x).
- Contaminantes tóxicos: Plomo, Formaldehído, Acetaldehído, Amonio, Butadieno, y Benceno.
- Contaminantes responsables del calentamiento global: Dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (N₂O) y metano (CH₄).

Contaminantes Criterio	CO	VOC	VOC evap.	NO _x	SO _x	PM
Partidas Hora	2.91	0.96	0.21	0.01	0.0	0.04
En Ruta Hora	3.12	1.77	0.06	0.02	0.0	0.06
Total Hora	6.03	2.74	0.27	0.03	0.0	0.1
Partidas Dia	30.99	9.83	2.19	0.17	0.0	0.41
En Ruta Dia	72.15	37.42	1.2	0.48	0.04	1.3
Total Dia	103.15	47.25	3.39	0.65	0.04	1.71

Figura 5.4 Ventana del Módulo de Cálculo del Modelo IVE

Fuente: Manual de Usuario IVE

5.2.2.2 MÓDULO DE LOCALIDAD

En este módulo se ingresa el comportamiento en el manejo de cada flota y algunas características propias del área de estudio. Cada Localidad ingresada corresponde a la ciudad evaluada, a la flota vehicular y al tipo de vía.

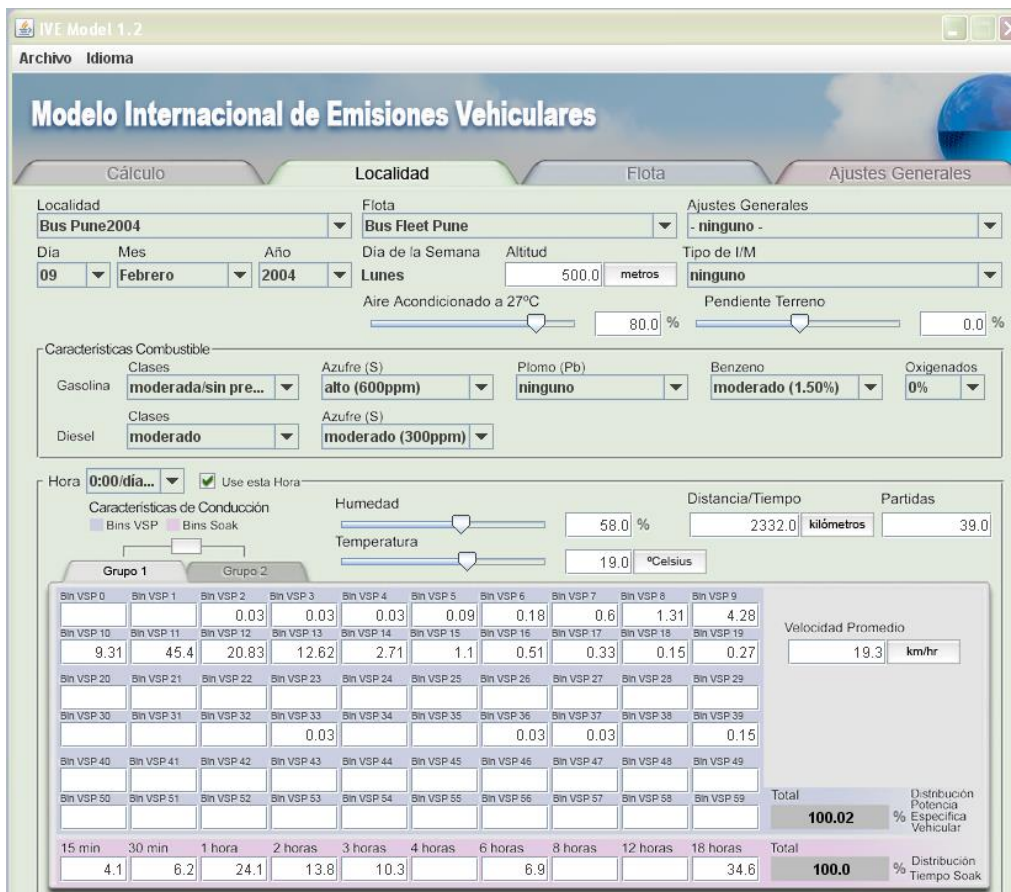


Figura 5.5 Ventana Módulo de Localidad del modelo IVE

Fuente: Manual de Usuario IVE

5.2.3 PARAMETRIZACIÓN DEL MODELO

- **Velocidades promedio:** Esta información fue tomada de información recolectada en campo durante las campañas de aforos vehiculares y las encuestas realizadas a los propietarios de los vehículos, y varía según el tipo de vía principal, secundaria o terciaria.
- **Uso del aire acondicionado:** Se refiere al porcentaje de los vehículos equipados con aire acondicionado (AC), que lo usan a una temperatura de 27 °C o superior. El programa supone que para 15 °C ningún vehículo usa AC y que para 32 °C, todos los vehículos lo usan sin importar el valor proporcionado como entrada en esta casilla. El

modelo internamente calcula el efecto del uso del AC en función de la temperatura introducida y en el valor introducido en esta casilla.

- Pendiente de la Vía (Road Grade): Este parámetro se refiere a la pendiente de la vía o de la zona analizada. Se debe tener especial cuidado con su manejo ya que en la caracterización del tipo de conducción, este también es incluido, por lo que no es correcto incluirlo dos veces. Esta utilidad es provechosa cuando se pretende modelar una zona con una pendiente que prevalece, o para conocer la variación de las emisiones dependiendo de las condiciones topográficas. Para este estudio se consideró despreciable este valor debido a que la topografía que prevalece es plana.
- Características del Combustible:
El modelo permite el uso de diferentes tipos de combustibles como lo son el Gas Natural y el Etanol entre otros, pero solo permite la entrada de las características del diesel y de la gasolina. De acuerdo a información del Ministerio de Minas y Energía y de ECOPETROL, se determinaron los valores que se describen a continuación.
 - Gasolina: Características Generales: Moderate / Premixed
Esta categoría no tiene efecto sobre las emisiones, es el valor por defecto, Premixed significa que la gasolina es mezclada con aceite directamente en la planta por los productores.
 - Plomo: 0 %: Las gasolinas nacionales están libres de plomo
 - Azufre:
 - + 600 ppm (High): (La gasolina colombiana tiene 1000 ppm según documento “Mejoramiento de la Calidad de los Combustibles en el país” del Ministerio de Minas y Energía, pero el modelo solo permite la entrada de valor máximo 600). El contenido de azufre en la gasolina reduce la efectividad del catalizador incrementado la emisión de Óxidos de azufre.
 - + 5000 ppm (high): (El Diesel colombiano tiene 4500 ppm según documento “Mejoramiento de la Calidad de los Combustibles en el país” del Ministerio de Minas y Energía, pero el modelo solo permite la entrada de este valor máximo 5000). El contenido de azufre en el Diesel afecta las emisiones de Óxidos de Azufre y material particulado.
 - Benceno: 0.5 % (low): Este porcentaje afecta directamente las emisiones de benceno.
 - Oxígeno: 0 %: Los combustibles oxigenados mejoran la combustión, reduciendo las emisiones producidas por los motores.
 - Diesel: Características Generales: Moderado. Esta categoría no tiene efecto sobre las emisiones, es el valor por defecto.
- Temperatura y Humedad Relativa: Este campo permite la entrada de estas características ambientales. La temperatura por su parte incide en el uso del AC como se mencionó anteriormente.

- *Distancia / tiempo:* Este parámetro permite introducir al modelo la cantidad de viaje para una flota vehicular dada, es decir, la distancia total recorrida por los vehículos de la flota de interés en un intervalo de tiempo (hora, día).

5.2.4 MÓDULO DE DISTRIBUCIÓN DE LA FLOTA VEHICULAR

Debido a que las cargas de contaminantes son diferentes para cada tipo de vehículo, es necesario determinar la flota vehicular de la ciudad a modelar.

El modelo posee una distribución de categorías de vehículos de 1372 tecnologías en las que se introducen la fracción de viaje para cada uno, es decir la participación de una clase determinada en toda la flota.

La clasificación de los vehículos se hace mediante los siguientes parámetros:

- Tipo de Vehículo y Servicio (auto, camión, bus, moto, etc.)
- Tamaño del motor
- Tipo de combustible (Gasolina, diesel, gas natural, etc.)
- Kilometraje Recorrido por vehículo KRV (edad)
- Sistema de Alimentación de Combustible (carburador, inyección etc.)
- Control de emisiones evaporativas (PCV)
- Control de emisiones de escape (EGR, Convertidor Catalítico)

Para la clasificación de la flota vehicular, se realizaron conteos vehiculares, para cada uno de los 8 puntos donde se instalaron las cámaras de video, en un período de 24 horas evaluando el flujo de vehículos en las dos direcciones de la vía.

En la Tabla 5.2 se presenta la cantidad de vehículos que transitaron en cada una de las vías seleccionadas. La información acerca de los conteos vehiculares y las horas en las que se realizaron se encuentra en el Anexo digital 1.

Tabla 5.2 Distribución de la flota vehicular vehículos/día

PUNTO	MOTOS	AUTOMOVILES - CAMIONETAS	CAMIONES	BUSES
P1	24052	8446	493	67
P2	22619	5754	172	167
P3	23696	9032	565	520
P4	22810	16708	4268	1305
P5	19692	10957	2309	1012
P6	18643	10457	2926	895
P7	21585	12879	3289	1005
P8	22925	8255	1663	1425
TOTAL	176022	82488	15685	6396

INVENTARIO EMISIONES ATMOSFERICAS CARTAGO 2018

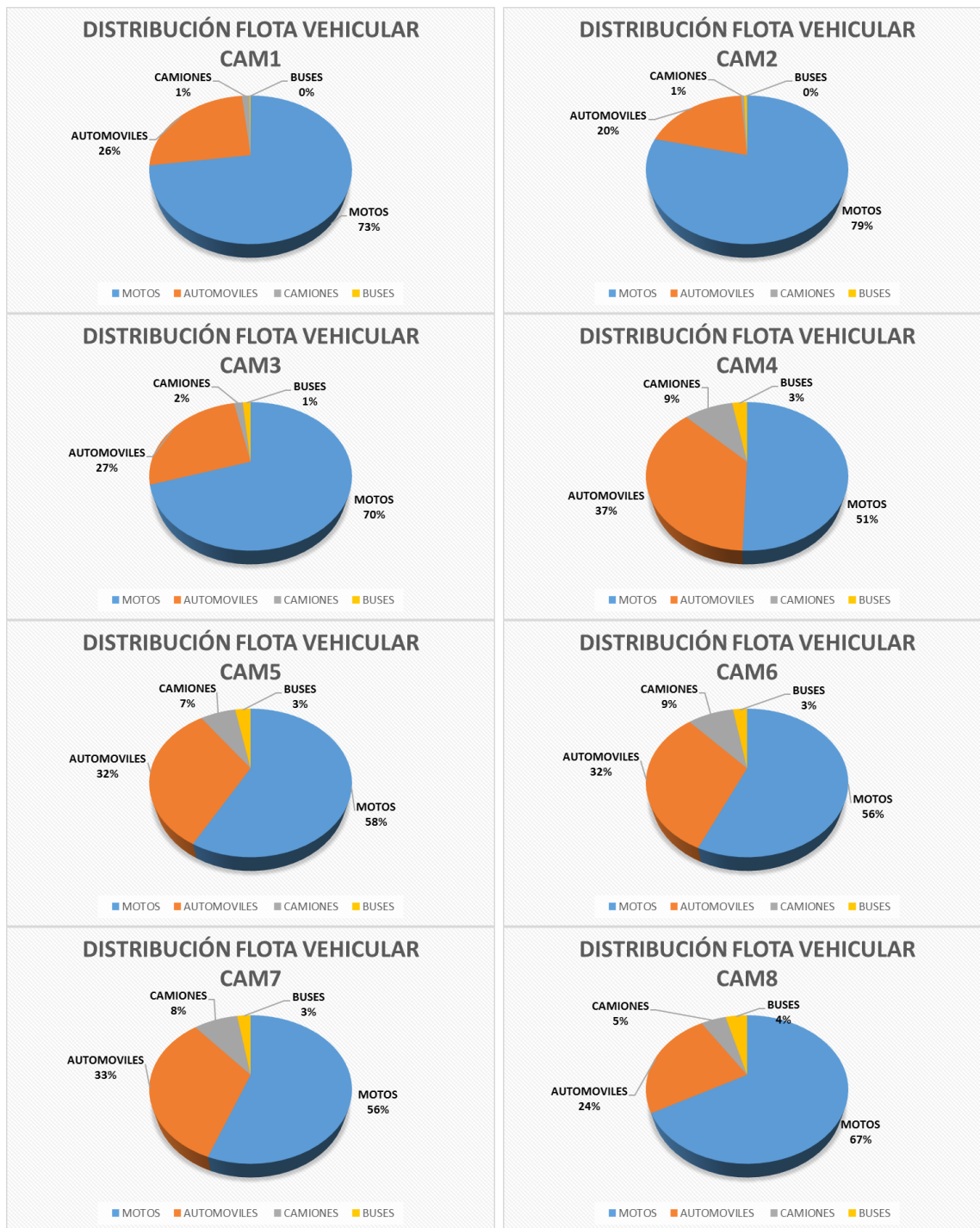


Figura 5.6 Distribución vehicular de las vías aforadas
Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

Como se puede apreciar en las figuras anteriores los vehículos predominantes en todos los puntos son las motos y los automóviles, los cuales se encuentran en porcentajes

superiores a 85%. La categoría de camiones presenta porcentajes hasta de 9% y los buses valores inferiores al 5%.

En la siguiente figura se indican las vías aforadas y la ubicación de las cámaras de video donde se realizaron los aforos por al menos 24 horas continuas.



Figura 5.7 Ubicación de cámaras de video para aforos vehiculares - Cartago

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

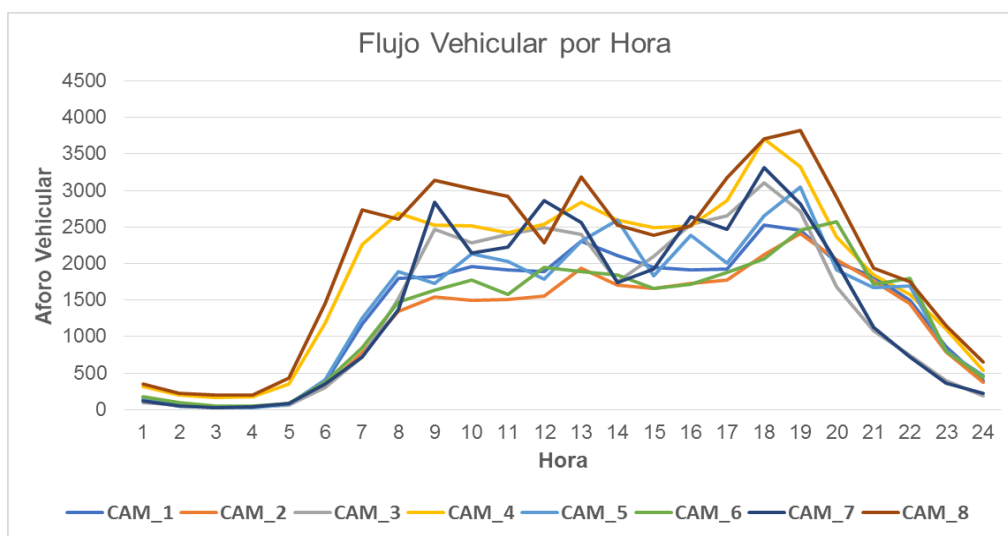


Figura 5.8 Flujo vehicular por hora en jornada ordinaria - Cartago

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

En la siguiente tabla se presenta el porcentaje de combustibles atribuido a cada clase de vehículos, valores que fueron ingresados al modelo IVE.

Tabla 5.3 Clasificación de vehículos por tipo de combustible - Cartago

Clase	Combustible	Fracción por combustible
Motos	Gasolina	100%
Automóviles, camionetas y microbuses	Gasolina	97.84%
Automóviles, camionetas y microbuses	Diesel	1.18%
Automóviles, camionetas y microbuses	Gas	0.98%
Buses y camiones	Diesel	100%

Los factores de emisiones se sub-clasificaron en las siguientes 10 categorías, las cuales fueron generadas a partir del modelo IVE, y corresponden a valores de emisiones en mg/(km/partida), ver los anexos que corresponden a los siguientes nombres:

- 2wHighwayCVC_AutosGasolina.xlsx
- 2wHighwayCVC_Motos.xlsx
- 2wHighwayCVC_Pesados.xlsx
- 2wResidentialCVC_AutosDiesel.xlsx
- 2wResidentialCVC_AutosGas.xlsx
- 2wResidentialCVC_AutosGasolina.xlsx
- 2wResidentialCVC_Motos.xlsx
- 2wResidentialCVC_Pesados.xlsx
- 2wHighwayCVC_AutosDiesel.xlsx
- 2wHighwayCVC_AutosGas.xlsx

Las emisiones se calcularon para cada segmento de vía según las clasificaciones mencionadas para cada periodo: ordinario y dominical. Los resultados se expresan de dos formas: emisiones totales anuales y por km del municipio, según vías principales y secundarias. Para las arrancadas (Start) de los vehículos se tomaron registros en los diferentes tramos de vías calculados.

5.2.5 CÁLCULOS DE EMISIONES

Las emisiones para vehículos en movimiento se obtuvieron por medio de la siguiente fórmula:

$$E = FE * L$$

Donde:

E= Emisión (kg/día)

FE = Factor de emisión (Ton/km día)

L = Longitud de las vías (km)

Para determinar la longitud se utilizó la cartografía del municipio de Cartago obtenida para la actualización el mapa de ruido, a esa longitud obtenida se realizaron unos ajustes con de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$L = Li * X * CE$$

Donde:

Li = Longitud obtenida por cartografía

X = Factor de corrección de la cartografía por duplicidad (1/3 para vías principales, 0.6 para vías secundarias)

CE = Factor de corrección por control de emisiones. En las siguientes tablas se pueden observar los diferentes factores utilizados.

Tabla 5.4 Factores para Gas Natural y Gasolina

PARÁMETROS	% REDUCCIÓN	FACTOR
start-up CO % reducción	<95%	0.5
running CO % reducción	<95%	0.5
start-up VOC % reducción	<95%	0.5
running VOC % reducción	<95%	0.5
start-up VOC evap % reducción	<95%	0.5
running VOC evap % reducción	<95%	0.5
start-up NOx % reducción	(20-50) %	0.7
running NOx % reducción	(20-50) %	0.7
start-up SOx % reducción	N/A	N/A
running SOx % reducción	N/A	N/A
start-up PM % reducción	N/A	N/A
running PM % reducción	N/A	N/A
start-up CO ₂ % reducción		0.989
running CO ₂ % reducción		0.989

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

Tabla 5.5 Factores para ACPM

PARÁMETROS	% REDUCCIÓN	FACTOR
start-up CO % reducción	<90%	0.5
running CO % reducción	<90%	0.5
start-up VOC % reducción	<90%	0.5
running VOC % reducción	<90%	0.5
start-up VOC evap % reducción	<90%	0.5
running VOC evap % reducción	<90%	0.5
start-up Nox % reducción	<50 %	0.7
running Nox % reducción	<50 %	0.7
start-up Sox % reducción	N/A	

INVENTARIO EMISIONES ATMOSFERICAS CARTAGO 2018

PARÁMETROS	% REDUCCIÓN	FACTOR
running Sox % reducción	N/A	
start-up PM % reducción	(80-90)%	0.15
running PM % reducción	(80-90)%	0.15
start-up CO2 % reducción		0.989
running CO2 % reducción		0.989

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

(Espacio intencionalmente en Blanco)

6 RESULTADOS EMISIONES

6.1 FUENTES FIJAS PUNTUALES Y DE ÁREA

El análisis del sector industrial y empresarial del municipio de Cartago, a partir de información secundaria obtenida de la Base de Datos de la Cámara de Comercio, insumo importante para el inventario de emisiones por fuentes fijas ya que aporta información acerca del comportamiento de los diversos sectores productivos y datos de contacto con el industrial.

A continuación, se detalla el análisis de la información consultada en la base de datos de la Cámara de Comercio de Bogotá – CCB ¹¹, la cual agrupa las diferentes cámaras de comercio asociadas a los municipios del Valle del Cauca.

6.1.1 ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN EMPRESARIAL DEL MUNICIPIO DE CARTAGO

En la base de datos de la CCB, se realizó la búsqueda de establecimientos industriales registrados para las actividades productivas con código CIU REV 4 A.C. perteneciente a INDUSTRIAS MANUFACTURERAS (C), COMERCIO AL POR MENOR DE COMBUSTIBLE PARA AUTOMOTORES (G4731), ACTIVIDADES DE HOSPITALES Y CLINICAS, CON INTERNACION (Q8610), LAVADO Y LIMPIEZA, INCLUSO LA LIMPIEZA EN SECO, DE PRODUCTOS TEXTILES Y DE PIEL (S9601) y POMPAS FUNEBRES Y ACTIVIDADES RELACIONADAS (S9603), para los cuales es más probable encontrar fuentes fijas de emisión atmosférica en sus procesos productivos. En total para CARTAGO se encuentran registradas en la cámara de comercio 588 establecimientos con tamaño grande, mediano, pequeño y microempresa con actividad productiva del sector manufacturero, donde se tiene 1 empresa grande, 9 medianas y 21 pequeñas (Tabla 6.1).

Tabla 6.1 Estadísticas de la Base de datos descargada para Cartago

Clasificación	CIU					Total General
	C	G4731	Q8610	S9601	S9603	
Grandes	1	0	0	0	0	1
Medianas	9	1	0	0	0	10
Microempresas	556	4	0	6	5	571
Pequeñas	21	5	3	0	2	31
Sin Clasificar	1	0	0	0	0	1
Total General	588	10	3	6	7	614

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

¹¹ Bases de datos e información empresarial online: <https://www.ccb.org.co/Fortaleza-su-empresa/Temas-destacados/Bases-de-datos-e-informacion-empresarial>

6.1.2 FUENTES DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS INVENTARIADAS

Para la actualización del inventario de emisiones atmosféricas se priorizaron las empresas clasificadas como Grandes, Medianas y pequeñas, las cuales aportaron información de fuentes de emisión para los siguientes Sectores Económicos:

Tabla 6.2 Sectores Economicos para Cartago

Cartago Sectores Económicos	Alimentos y bebidas
	Minerales no metálicos
	Otros
	Comercio combustibles

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

Los cuales para el desarrollo de sus actividades productivas cuentan con los siguientes tipos de fuentes y tipos de combustibles:

Tabla 6.3 Tipos de fuentes encontradas para Cartago

FUENTES FIJAS	COMBUSTIBLES
<ul style="list-style-type: none"> • Calderas • Elevador • Enfriador • Hornos de secado • Horno de panadería • Horno Ladrillero • Quemadores • Molinos • Tanques de almacenamiento de combustible 	<ul style="list-style-type: none"> • Carbón • Cascarilla de café • Gas Natural

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

En la Tabla 6.4 se presenta el listado de establecimientos industriales identificados en el municipio con sus respectivas fuentes fijas de emisión atmosférica. Se tiene registro de 19 fuentes en 10 establecimientos industriales.

INVENTARIO EMISIONES ATMOSFERICAS CARTAGO 2018

Tabla 6.4 Base de datos Fuentes Fijas Industriales – Cartago

Ítem	NIT / CC	RAZÓN SOCIAL	NOMBRE DE LA SEDE	DIRECCIÓN	ACTIVIDAD PRODUCTIVA	CIU	ACTIVIDAD ECONOMICA (CORRESPONDIENTE AL CÓDIGO CIU)	TIPO DE FUENTE	SUBTIPO DE FUENTE	TIPO DE COMBUSTIBLE
1	836000016-0	INVERSIONES BELLAVISTA S.A.S.	LADRILLERA BELLAVISTA	Km 3 Cucharalarga vía la Julia	MINERALES NO METÁLICOS	C2392	Fabricación de productos de arcilla y cerámica no refractaria	Horno	Ladrillero	Carbón
2	836000016-0	INVERSIONES BELLAVISTA S.A.S.	LADRILLERA BELLAVISTA	Km 3 Cucharalarga vía la Julia	MINERALES NO METÁLICOS	C2392	Fabricación de productos de arcilla y cerámica no refractaria	Horno	Ladrillero	Cascarilla de café
3	890301690-3	INGREDION COLOMBIA S.A.	INGREDION COLOMBIA S.A.	CALLE 13 # 55-120	ALIMENTOS Y BEBIDAS	C1052	Elaboración de productos de molinería	Caldera	Pirotubular	MJC2C
4	890301690-3	INGREDION COLOMBIA S.A.	INGREDION COLOMBIA S.A.	CALLE 13 # 55-120	ALIMENTOS Y BEBIDAS	C1052	Elaboración de productos de molinería	Caldera	Pirotubular	Gas natural
5	890301690-3	INGREDION COLOMBIA S.A.	INGREDION COLOMBIA S.A.	CALLE 13 # 55-120	ALIMENTOS Y BEBIDAS	C1052	Elaboración de productos de molinería	Secador	Alimentos	No aplica
6	890301690-3	INGREDION COLOMBIA S.A.	INGREDION COLOMBIA S.A.	CALLE 13 # 55-120	ALIMENTOS Y BEBIDAS	C1052	Elaboración de productos de molinería	Enfriador	Alimentos	No aplica
7	890301690-3	INGREDION COLOMBIA S.A.	INGREDION COLOMBIA S.A.	CALLE 13 # 55-120	ALIMENTOS Y BEBIDAS	C1052	Elaboración de productos de molinería	Elevador	Alimentos	No aplica
8	890301690-3	INGREDION COLOMBIA S.A.	INGREDION COLOMBIA S.A.	CALLE 13 # 55-120	ALIMENTOS Y BEBIDAS	C1052	Elaboración de productos de molinería	Molino	Alimentos	No aplica
9	890901271-5	PRODUCTORA DE ALIMENTOS CONCENTRADOS PARA ANIMALES CONTEGRAL S.A.S.	CONTEGRAL S.A.S.	KM 3 Vía Cali	ALIMENTOS Y BEBIDAS	C1090	Elaboración de alimentos preparados para animales	Caldera	Pirotubular	Carbón
10	890901271-5	PRODUCTORA DE ALIMENTOS CONCENTRADOS PARA ANIMALES CONTEGRAL S.A.S.	CONTEGRAL S.A.S.	KM 3 Vía Cali	ALIMENTOS Y BEBIDAS	C1090	Elaboración de alimentos preparados para animales	Caldera	Pirotubular	Carbón
11	16222718-0	VARGAS CADAVID ELIECER	LADRILLERA DEL VALLE	Calle 9 # 9-51 Zaragoza	MINERALES NO METÁLICOS	C2392	Fabricación de productos de arcilla y cerámica no refractaria	Horno	Ladrillero	Carbón
12	890907163 - 5	COMPANÍA INDUSTRIAL DE PRODUCTOS AGROPECUARIOS S.A.	CIPA S.A.	Km 2 vía Cartago-Cali	ALIMENTOS Y BEBIDAS	C1090	Fabricación de alimentos concentrados para animales	Caldera	Caldera	Carbón
13	890907163 - 5	COMPANÍA INDUSTRIAL DE PRODUCTOS AGROPECUARIOS S.A.	CIPA S.A.	Km 2 vía Cartago-Cali	ALIMENTOS Y BEBIDAS	C1090	Fabricación de alimentos concentrados para animales	Molino	Alimentos	Energía Eléctrica
14	890907163 - 5	COMPANÍA INDUSTRIAL DE PRODUCTOS AGROPECUARIOS	CIPA S.A.	Km 2 vía Cartago-Cali	ALIMENTOS Y BEBIDAS	C1090	Fabricación de alimentos concentrados para animales	Molino	Alimentos	Energía Eléctrica

INVENTARIO EMISIONES ATMOSFERICAS CARTAGO 2018

Ítem	NIT / CC	RAZÓN SOCIAL	NOMBRE DE LA SEDE	DIRECCIÓN	ACTIVIDAD PRODUCTIVA	CIUU	ACTIVIDAD ECONÓMICA (CORRESPONDIENTE AL CÓDIGO CIUU)	TIPO DE FUENTE	SUBTIPO DE FUENTE	TIPO DE COMBUSTIBLE
		S.A.								
15	800186114-1	GRESVALLE S.A.	LADRILLERA GRESVALLE	Cra 1 # 43-100	MINERALES NO METÁLICOS	C2392	Fabricación de productos de arcilla y cerámica no refractaria	Horno	Ladrillero	Carbón
16	900791371-5	LADRILLERA Y ARCILLAS SAN JOSE S.A.S.	LADRILLERA Y ARCILLAS SAN JOSE	Cra 16 C # 16 A - 69	MINERALES NO METÁLICOS	C2392	Fabricación de productos de arcilla y cerámica no refractaria	Horno	Ladrillero	Carbón / Cascarilla de café
17	836000551-1	LADRILLERA MARISCAL ROBLEDO	MARISCAL S.A. - ARCASA	Km 1, CARRETERA CUCHARALA RGA LA JULIA	MINERALES NO METÁLICOS	C2392	Fabricación de productos de arcilla y cerámica no refractaria	Horno	Ladrillero	Carbón
18	900883085-9	LADRILLERA Y ARCILLAS EL PACIFICO S.A.S.	LADRILLERA Y ARCILLAS EL PACIFICO S.A.S.	CARRETERA CUCHARALA RGA LA JULIA	MINERALES NO METÁLICOS	C2392	Fabricación de productos de arcilla y cerámica no refractaria	Horno	Ladrillero	Carbón
19	900006924-2	INVERSIONES Y CONSTRUCCIONES EL CARMEN S.A.S.	LADRILLERA LADRILLAR	Carrera 18 # 14 - 600	MINERALES NO METÁLICOS	C2392	Fabricación de productos de arcilla y cerámica no refractaria	Horno	Ladrillero	Carbón

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

(Espacio intencionalmente en Blanco)

INVENTARIO EMISIONES CARTAGO 2018

En Cartago se encuentran registradas en SICOM 19 establecimientos con actividad CIU 4731 COMERCIO AL POR MENOR DE COMBUSTIBLE PARA AUTOMOTORES, las cuales tienen tanques estacionarios subterráneos para el almacenamiento de los combustibles comercializados. (Tabla 6.5)

Tabla 6.5 Estaciones de servicio identificadas en SICOM

Ítem	NIT / CC	RAZÓN SOCIAL	NOMBRE DE LA SEDE	DIRECCIÓN DEL ESTABLECIMIENTO
1	900609945-5	JASLO SAS	LA PRINCIPAL ESTACION DE SERVICIO DE CARTAGO - TERPEL	CRA 3B NORTE # 1-06 AV, CIRCUNVALAR
2	900529133-8	VILLA MONTOYA SAS - VILLMONT SAS	ESTACION DE SERVICIO EL CARMEN - MOBIL	CRA 4 # 15-140
3	900127474-9	MASGAS SA	EDS MASGAS LOS POTRILLOS - BIOMAX	CRA 22 # 9-234
4	10094514-3	MEJIA RIVERA GILBERTO	ESTACION DE SERVICIO COOTRASCART - MOBIL	CARRERA 3B No, 1-06
5	10084891-2	CARDONA IZA JUAN GUILLERMO	ESTACION DE SERVICIO DISTRIBUCIONES LA 20 CARTAGO - TERPEL	CARRERA 4 No, 19-83
6	830137029-3	DISTRIBUIDORA COLOMBIANA DE COMBUSTIBLES SAS	ESTACION DE SERVICIO EL SAMAN ZARAGOZA - TERPEL	CALLE 10 No, 55-108
7	31402765-4	RESTREPO DE BOHORQUEZ LUZ PATRICIA	ESTACION DE SERVICIO EL LLANO - MOBIL	CARRERA 4 No, 18-23
8	43867107-7	ARIAS CUARTAS VIVIANA KATHERINE	ESTACION DE SERVICIO EL TRAILERO- BIOMAX	CALLE 1 No, 1A-42
9	16217230-9	AGUIRRE SALAZAR JHON JAIR	ESTACION DE SERVICIO LA GUACA MARISCAL - PETROMIL	CALLE 16C CARRERA 9 ESQUINA
10	4451636-3	TORO GUTIERREZ RICARDO ANTONIO	ESTACION DE SERVICIO LIDER - BIOMAX	DIAGONAL 3 No, 2-56 E ZARAGOZA
11	10094514-0	MEJIA RIVERA GILBERTO	ESTACION DE SERVICIO MOBIL SANTA ANA	CARRERA 2 No, 29-02
12	891902682-7	ESTACION DE SERVICIO POPULAR SA	ESTACION DE SERVICIO POPULAR SA - MOBIL	CARRERA 9 No, 9-23
13	900529133-8	VILLA MONTOYA SAS - VILMONT SAS	SERVICENTRO ESSO EL MARISCAL - ESSOL	CALLE 1 No, 1E-175
14	10094514-3	MEJIA RIVERA GILBERTO	ESTACION DE SERVICIO ESSO VILLEGAS - ESSO	CARRERA 22 CALLE 10 ESQUINA GT SALIDA A CALI
15	31402765-4	LUZ PATRICIA RESTREPO DE BOHORQUEZ	ESTACION DE SERVICIO SERVICIO GRAJALES - MOBIL	CALLE 10 No, 9-04
16	16201013-7	CARLOS ALBERTO VILLA MARIN	TALLER Y ESTACION DE SERVICIO EL SPEED - BRIO	CARRERA 23 No, 9-81
17	891903794-8	DIDIER QUINTERO BEDOYA Y CIA SCS	ESTACION DE SERVICIO LA SUPER 13 - ESSO	CARRERA 2 No, 33-23
18	16217230-9	JOHN JAIR AGUIRRE SALAZAR	EDS VILLA DE ROBLEDO - BRIO	CALLE 1 No, 1-29
19	900148355-0	COMBUSTIBLES MEJIA REYES LTDA SIGLA COMBUSTIBLES MR LTDA	ESTACION DE SERVICIO SAN JERONIMO CARTAGO - BRIO	CARRERA 21 No, 4B-27

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

INVENTARIO EMISIONES CARTAGO 2018

Adicionalmente, se encuentran registradas en la cámara de comercio 72 establecimientos con actividad CIU 1081 ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE PANADERÍA. En la Tabla 6.6 se presentan las panaderías encuestadas mediante visita técnica durante la ejecución del inventario.

Tabla 6.6 Establecimientos encuestados dedicados a la elaboración de productos de panadería

Ítem	NIT / CC	RAZÓN SOCIAL	NOMBRE DE LA SEDE	DIRECCIÓN	TIPO DE FUENTE	SUBTIPO DE FUENTE
1	40782803-8	LOPEZ GLORIA NANCY	PAN EXTRA CARTAGO	CRA 5 # 9-02	Horno	Alimentos
2	70113508	GIRALDO GOMEZ HERNAN DARIO	PANADERIA Y PASTELERIA TRIGO Y MIEL CALLE 4	CRA 4 # 3B - 17	Horno	Alimentos
3	70905763-0	GIRALDO JARAMILLO JESUS MARIA	PANADERIA Y CAFETERIA ROXY	CRA 4 # 2 - 123	Horno	Alimentos
4	16209780	BARRERA LOPEZ MANUEL DE JESUS	PANADERIA DELISH	CLL 2 # 3A - 36	Horno	Alimentos
5	-	LAS DELICIAS DEL PAN Y LA ALMOJÁBANA	LAS DELICIAS DEL PAN Y LA ALMOJÁBANA	CLL 11 # 5 - 94	Horno	Alimentos
6	1112231317	GIRALDO DUQUE MARIA TATIANA	EL CAFETAL SU PANADERÍA IDEAL	CRA 11 # 10 - 05	Horno	Alimentos
7	1088279300-4	CORREA TAPIERO RODRIGO	CAFETERIA Y PANADERIA DELICIAS DEL VIRREY	CLL 13 # 4 - 100	Horno	Alimentos
8	9695692-1	SALAZAR CARVAJAL DUVAN ARLEY	PANADERIA LA CATEDRAL	CRA 5 # 13 - 112	Horno	Alimentos
9	42102251-3	RAMOS TORRES ROSAURA	PANADERIA PAN PA YA LA 15	CI, 15 #4- 2	Horno	Alimentos
10	16229204	BEDOYA GOMEZ HECTOR CESAR	PANADERIA PANAMERICANA	Cra 2 N° 33-62	Horno	Alimentos
11	7525215-6	SABOGAL GOMEZ LUIS GERARDO	PANADERIA DANESSA CARTAGO	CAR 3 # 17 - 03	Horno	Alimentos
12	3528982-6	ARCILA MUÑOZ GUILLERMO DE JESUS	PANADERIA Y PASTELERIA TODO RICO	CLL 9 # 7 - 01	Horno	Alimentos
13	8803045107-9	RIOS POLO KATHERINE	PANADERIA MAXIPAN	CLL 14 # 10 - 06	Horno	Alimentos
14	70907686-0	SERNA DUQUE FREDY DE JESUS	PANADERIA RICURAS DE SAN NICOLAS	CLL 10 # 9 - 38	Horno	Alimentos
15	1112761658-8	CASTAÑO ARCE SANDRA VIVIANA	PANADERIA Y REPOSTERIA TENTACIONES	CRA 5 # 8 -124	Horno	Alimentos

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

En general, en el municipio de Cartago se presentan 588 establecimientos registrados en la Cámara de Comercio, para el sector de manufactura, de los cuales fueron encuestados mediante visita técnica 32 establecimientos: 12 empresas industriales, 5 estaciones de servicio y 15 panaderías; adicionalmente, se realizaron 29 llamadas telefónicas para confirmación o levantamiento de información.

En la Tabla 6.7 se presentan los consumos anuales de combustibles de las diferentes fuentes identificadas en el inventario por sector productivo y en la Tabla 6.8 se presenta el consumo para las industrias identificadas según la información recopilada mediante RUA, revisión de expedientes, encuestas técnicas y llamadas telefónicas.

INVENTARIO EMISIONES CARTAGO 2018

Tabla 6.7 Consumo anual de combustibles por actividad productiva

SECTOR PRODUCTIVO	Carbón (Ton/Año)	Cascarilla de café (Ton/Año)	Gas natural (m3/Año)
ALIMENTOS Y BEBIDAS	11.206,08	-	502.852,20
COMERCIO COMBUSTIBLES	-	-	-
MINERALES NO METÁLICOS	8.670,77	2.400,00	-
OTROS	-	-	665.814,80
RESIDENCIAL	-	-	4.033.004,00
TOTAL GENERAL	19.876,85	2.400,00	5.201.671,00

(*) En el sector "Alimentos y bebidas" están incluidas las panaderías.

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

Tabla 6.8 Consumo anual de combustibles por establecimiento industrial

ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL	Carbón (Ton/Año)	Cascarilla de café (Ton/Año)	Gas natural (m3/Año)
CIPA S.A.	1.659	-	-
CONTEGRAL S.A.S.	9.547	-	-
INGREDION COLOMBIA S.A.	-	-	161.280
LADRILLERA BELLAVISTA	451	2.400	-
LADRILLERA DEL VALLE	1.440	-	-
LADRILLERA GRESVALLE	1.440	-	-
LADRILLERA LADRILLAR	1.440	-	-
LADRILLERA Y ARCILLAS EL PACIFICO S.A.S	1.440	-	-
LADRILLERA Y ARCILLAS SAN JOSE	1.020	-	-
MARISCAL S.A.	1.440	-	-
PANADERÍAS	-	-	341.572
OTROS	-	-	665.815
RESIDENCIAL	-	-	4.033.004
TOTAL	19.877	2.400	5.201.671

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

Siendo el Gas Natural el combustible más utilizado en el municipio, en la Figura 6.1 se muestra la relación porcentual de los consumos de estos combustibles por sector, donde se evidencia que el mayor consumo para el gas natural, después del de tipo residencial, es para el sector de Alimentos y Bebidas (INGREDION y PANADERIAS); y para el carbón el consumo se distribuye entre el sector de Alimentos y Bebidas (CIPA y CONTEGRAL) y el de Minerales No Metálicos (LADRILLERAS).

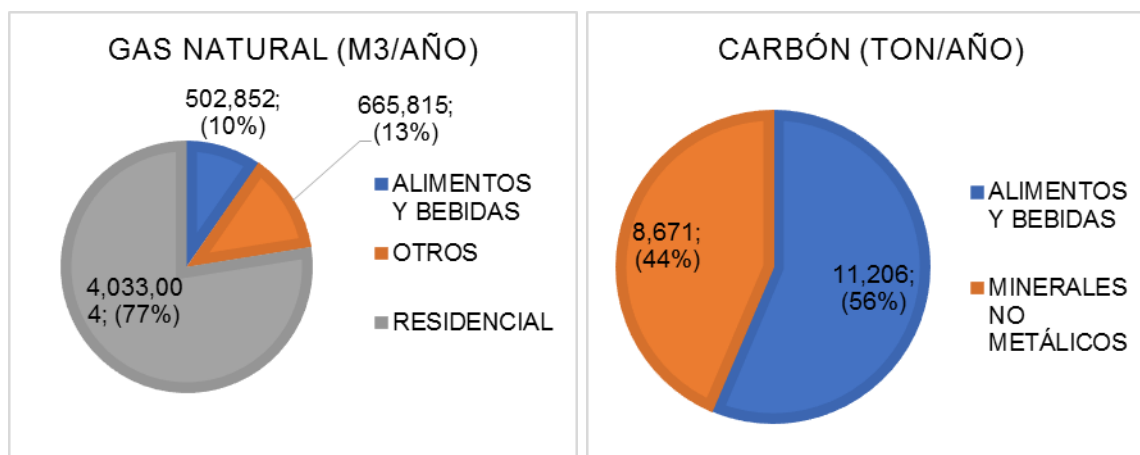


Figura 6.1 Relación porcentual consumo de Gas Natural y Carbón
Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

6.1.3 EMISIONES ATMOSFÉRICAS GENERADAS EN CARTAGO

Resultado del ejercicio de actualización del inventario de fuentes fijas de emisión atmosférica, en la Tabla 6.9 se presentan las emisiones generadas por cada uno de los sectores productivos identificados en el municipio de Cartago. Los sectores de Alimentos y Bebidas y de Minerales no metálicos, son los mayores generadores de óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, óxidos de azufre y dióxido de carbono por el uso de carbón como combustible. El sector de Alimentos y Bebidas genera aproximadamente el 53% de las emisiones y el sector de Minerales no metálicos el 42% de las emisiones para los contaminantes mencionados, y este último sector, además genera el 98% de las emisiones de material particulado en los hornos ladrilleros. Respecto a las emisiones de compuestos orgánicos volátiles, el 98,3% de las emisiones son generadas en las estaciones de servicio por el comercio de combustibles.

Tabla 6.9 Emisiones atmosféricas por sector productivo

SECTOR PRODUCTIVO	CH4 (ton/año)	N2O (ton/año)	PM (ton/año)	NOx (ton/año)	CO (ton/año)	SOx (ton/año)	COVs (ton/año)	CO2 (ton/año)
Alimentos y bebidas	25,40	0,22	0,84	46,95	1.396,32	188,85	0,04	32.293,35
Comercio combustibles	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	26,81	0,00
Minerales no metálicos	19,64	0,16	69,16	37,05	1.080,16	146,12	0,00	25.934,85
Otros (*)	0,02	0,02	0,08	1,00	0,43	0,01	0,06	1.280,60
Residencial (*)	0,15	0,14	0,49	6,08	2,59	0,04	0,36	7.756,91
TOTAL	45,21	0,54	70,57	91,08	2.479,49	335,01	27,27	67.265,71

(*) Corresponde a las emisiones generadas por el Consumo de Gas Natural Institucional y residencial reportado por el Departamento Administrativo de Planeación de la Gobernación del Valle del Cauca, Año 2015.

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

La Tabla 6.10 muestra la contribución porcentual de cada tipo de combustible consumido por el sector industrial y residencial y comercial a las emisiones de cada contaminante. Se aprecia que la combustión de Carbón, principalmente en el sector ladrillero, aporta el 75.1% de las emisiones de material particulado y el uso de la Cascarilla de café aporta el 24% de las emisiones. Para los demás contaminantes, las emisiones también son generadas por el consumo de carbón como combustible en los procesos del sector de Alimentos y Bebidas (CIPA y CONTEGRAL principalmente) y el sector de Minerales no metálicos (Ladrilleras).

Por su parte, la combustión de Gas Natural aporta el 100% de los compuestos orgánicos volátiles emitidos en las actividades industriales, comerciales y residenciales.

Tabla 6.10 Contribución porcentual por tipo de combustible de cada contaminante

COMBUSTIBLE	CH4	N2O	PM	NOx	CO	SOx	COVs	CO2
Carbón	99,6%	66,3%	75,1%	90,0%	99,9%	99,99%	0,0%	82,6%
Cascarilla de café	0,0%	0,0%	24,0%	1,4%	0,0%	0,0%	0,0%	2,5%
Gas natural	0,4%	33,7%	0,9%	8,6%	0,1%	0,01%	100,0%	14,9%

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

A continuación, se presentan los resultados del cálculo de las emisiones generadas discriminadas por sector productivo y por contaminante.

En la Figura 6.2, se evidencia que las emisiones de CH4 son generadas principalmente por el sector Alimentos y Bebidas, (CONTEGRAL Y CIPA principalmente), seguido por el sector de Minerales no metálicos (Ladrilleras). En ambos sectores por el uso de carbón como combustible.

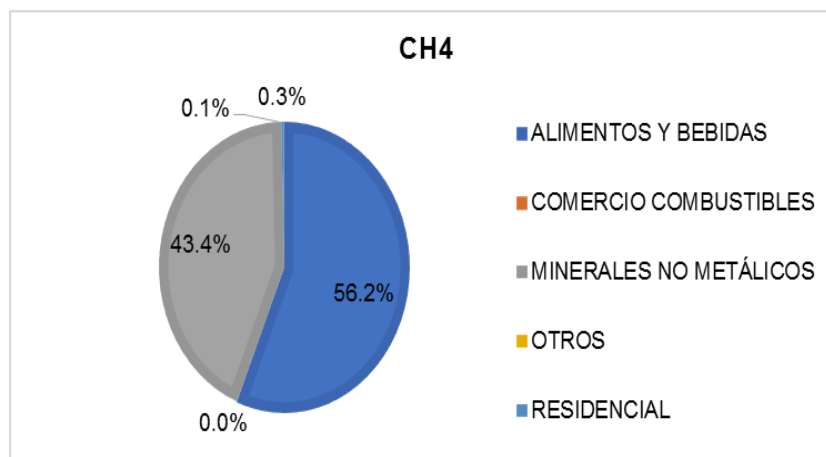


Figura 6.2 Contribución porcentual por actividad productiva a las emisiones de Metano

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

En la Figura 6.3 se muestra que las emisiones de Óxidos Nitrosos son generadas principalmente por el sector Alimentos y Bebidas, seguido por la producción de ladrillos y cerámicas del sector Minerales no metálicos, ambos sectores por el consumo de carbón, y en tercer lugar por el sector residencial por el consumo de gas natural.

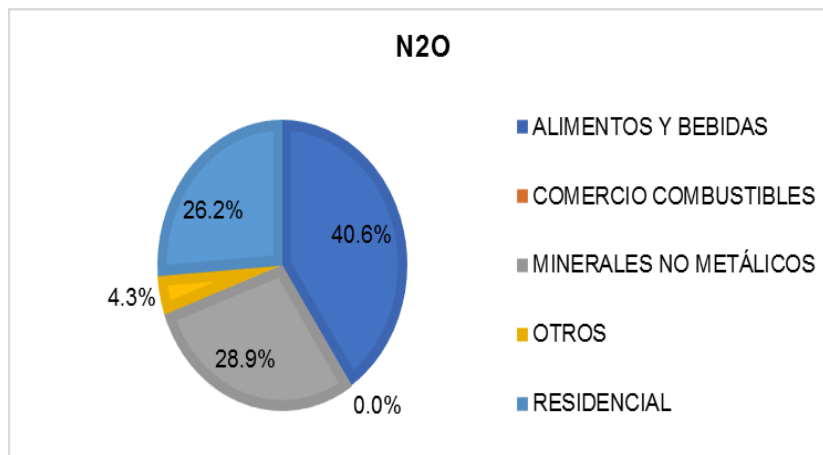


Figura 6.3 Contribución porcentual por actividad productiva a las emisiones de Óxidos Nitrosos
Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

Respecto a las emisiones de material particulado, éstas son generadas por el sector Minerales no metálicos, como resultado del uso de carbón como combustible en los hornos ladrilleros, de este sector el principal generador de emisiones de material particulado es la empresa LADRILLERA BELLAVISTA, la cual además del carbón utiliza Cascarilla de café como combustible, el cual genera el 85% de las emisiones de material particulado de esta empresa. (Figura 6.4).

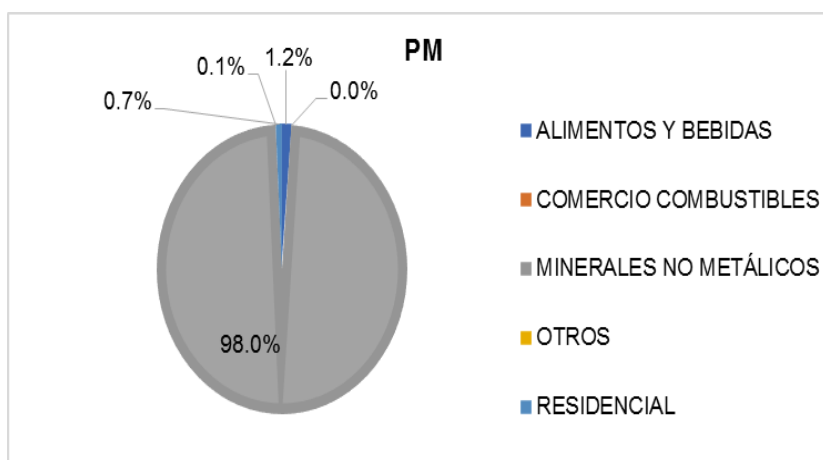


Figura 6.4 Contribución porcentual por actividad productiva a las emisiones de Material Particulado
Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

Los óxidos de nitrógeno son emitidos principalmente por el sector de Alimentos y bebidas (aportados principalmente por CONTEGRAL), seguido por el sector de Minerales no metálicos (Ladrilleras) y por el sector Residencial por el consumo de gas natural. (Figura 6.5)

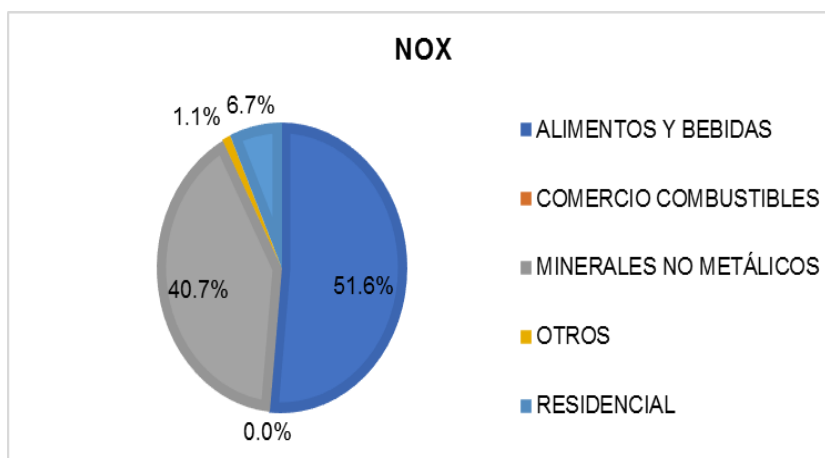


Figura 6.5 Contribución porcentual por actividad productiva a las emisiones de Óxidos de Nitrógeno
Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

El monóxido de carbono, al igual que las emisiones de metano y óxidos de nitrógeno, es generado principalmente por la combustión de Carbón en el sector de Alimentos y bebidas (CONTEGRAL y CIPA), seguido por el sector de Minerales no metálicos.

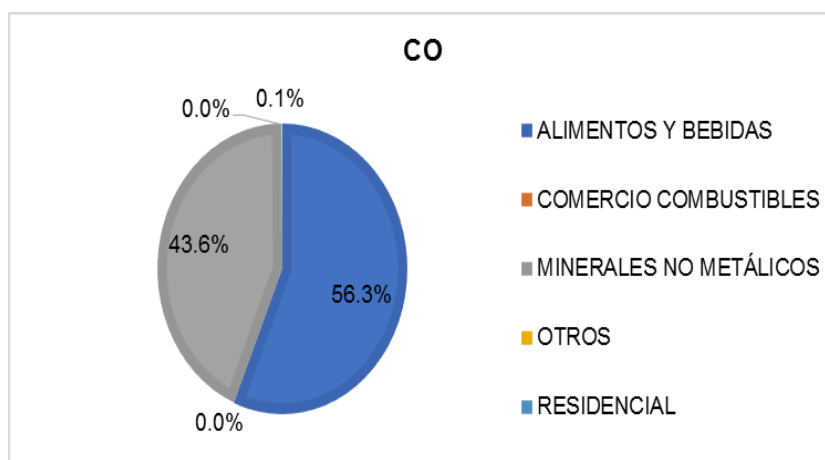


Figura 6.6 Contribución porcentual por actividad productiva a las emisiones de Monóxido de carbono
Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

Las emisiones de óxidos de azufre están asociadas al consumo de carbón en el sector de Alimentos y bebidas en las empresas CONTEGRAL S.A.S. y CIPA S.A, seguido por el sector de Minerales no metálicos en las LADRILLERAS.

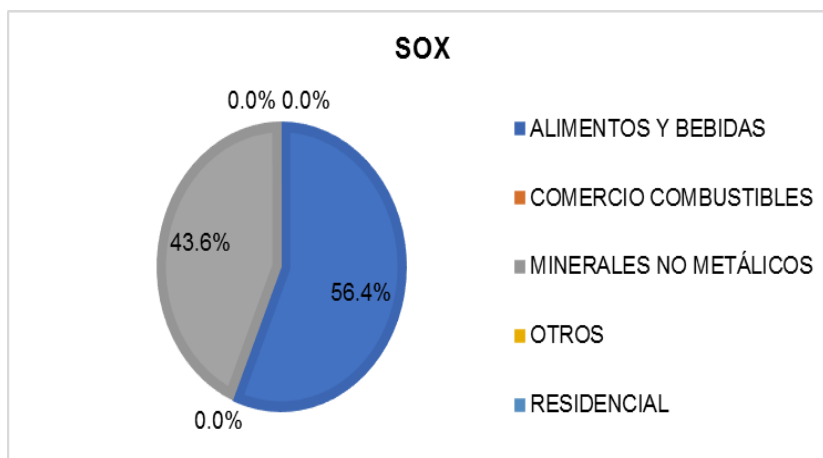


Figura 6.7 Contribución porcentual por actividad productiva a las emisiones de Óxidos de azufre
Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

La emisión de compuestos orgánicos volátiles, se concentra en las actividades de comercialización de combustibles en las estaciones de servicio (98,3%) y una mínima parte en la combustión de gas natural en las actividades de tipo residencial y comercial (1.5%) e industrial (0.2%), este último por las operaciones de la empresa INGREDION S.A.

Las emisiones por la operación de las estaciones de servicio se describen en el capítulo 5: Industria del petróleo, numeral 5.2 Transporte y comercialización de derivados líquidos del petróleo, de la Quinta edición de Compilación de factores de emisiones de contaminantes del aire, Volumen 1: Punto estacionario y fuentes de área del AP-42, para mayor información ver el Anexo A2. (Figura 6.8)

(Espacio intencionalmente en Blanco)

INVENTARIO EMISIONES CARTAGO 2018

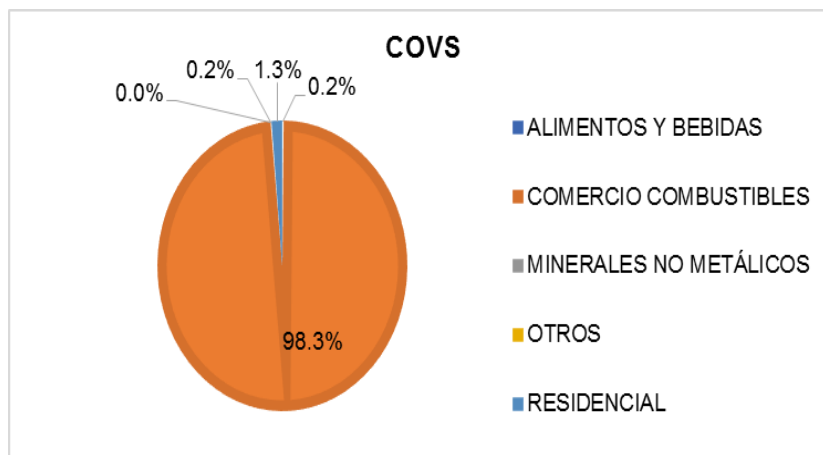


Figura 6.8 Contribución porcentual por actividad productiva a las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

La contribución porcentual para el CO₂ está determinada principalmente por el consumo de carbón y cascarilla de café en los sectores de Minerales no metálicos y de Alimentos y bebidas, seguida por el consumo de gas natural en el sector residencial.

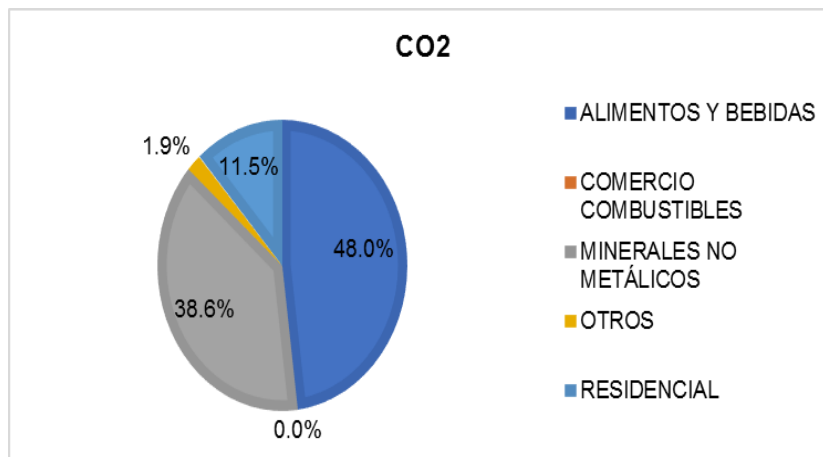


Figura 6.9 Contribución porcentual por actividad productiva a las emisiones de Dióxidos de carbono
Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

Finalmente, el reporte consolidado de las emisiones generadas en el municipio de Cartago para los diferentes sectores productivos inventariados se presenta en la Tabla 6.11.

INVENTARIO EMISIONES CARTAGO 2018

Tabla 6.11 Emisiones atmosféricas fuentes fijas Cartago

EMISIONES (Ton/Año)	CH4	N2O	PM	NOx	CO	SOx	COVs	CO2
Industrial	45,03	0,37	69,95	83,49	2.476,26	334,96	0,01	57.571,23
Comercial y Residencial (*)	0,19	0,18	0,61	7,59	3,23	0,05	27,26	9.694,48
TOTALES	45,21	0,54	70,57	91,08	2.479,49	335,01	27,27	67.265,71

(*) Incluye Panaderías, Estaciones de Servicio y Consumos de gas natural residencial y no residencial reportados por la empresa de servicios públicos para el año 2015.

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

En la Figura 6.10 se presenta la relación porcentual de las emisiones generadas para cada tipo de contaminante según el generador, ya sea del sector industrial o del sector comercial y residencial. Como se evidencia, el mayor porcentaje de emisión de contaminantes se presenta en el sector industrial a excepción de los compuestos orgánicos volátiles, los cuales son emitidos principalmente por el comercio al por menor de combustibles en las Estaciones de Servicio.

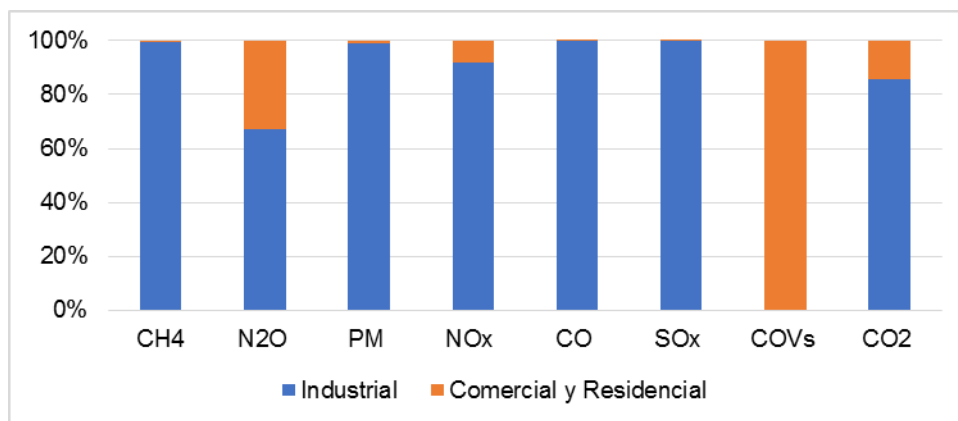


Figura 6.10 Relación porcentual de las emisiones generadas por el sector industrial e institucional

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

La mayoría de las emisiones generadas a la atmósfera por actividades industriales e institucionales están asociadas al uso de combustibles sólidos (Carbón y Cascarilla de café) a excepción de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles las cuales son generadas mayoritariamente por las operaciones en las estaciones de servicio (comercialización de combustibles).

6.2 FUENTES MÓVILES

El análisis de las fuentes móviles en el municipio de Cartago, se realizó a partir de información primaria obtenida en aforos realizados en el municipio, que se puede consultar en el apartado 5.2. Los resultados obtenidos con el Modelo IVE se presentan a continuación:

INVENTARIO EMISIONES CARTAGO 2018

Tabla 6.12 Emisiones atmosféricas fuentes móviles Cartago, por km de vía

Parámetro	Total (ton/año)*km
PM	2.78
CO	263.96
VOC	90.99
VOC Evap.	4.73
NOx	14.11
SOx	0.01
NH3	1.11
CO2	1273.63
N2O	0.01
CH4	19.67

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

Tabla 6.13 Emisiones atmosféricas totales fuentes móviles Cartago

Parámetro	Total (ton/año)
PM	112.52
CO	10667.24
VOC	3677.35
VOC Evap.	191.13
NOx	570.16
SOx	0.28
NH3	45.02
CO2	51471.01
N2O	0.43
CH4	795.09

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

En las siguientes gráficas se puede observar el comportamiento promedio de las concentraciones de contaminantes durante el día comparado con el promedio vehicular aforado. Allí se evidencia que las mayores emisiones se dan entre las 6 y 7 p.m., y que las emisiones tienen un comportamiento similar al tráfico vehicular.

(Espacio intencionalmente en Blanco)

INVENTARIO EMISIONES CARTAGO 2018

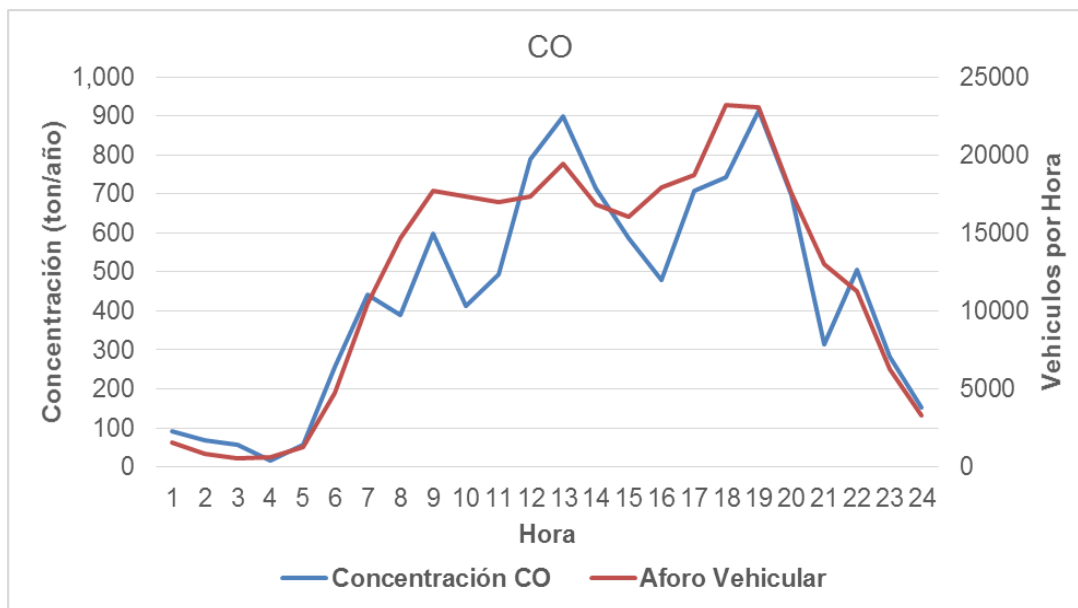


Figura 6.11 Emisión horaria CO por fuentes móviles vs aforo vehicular – Cartago.
Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

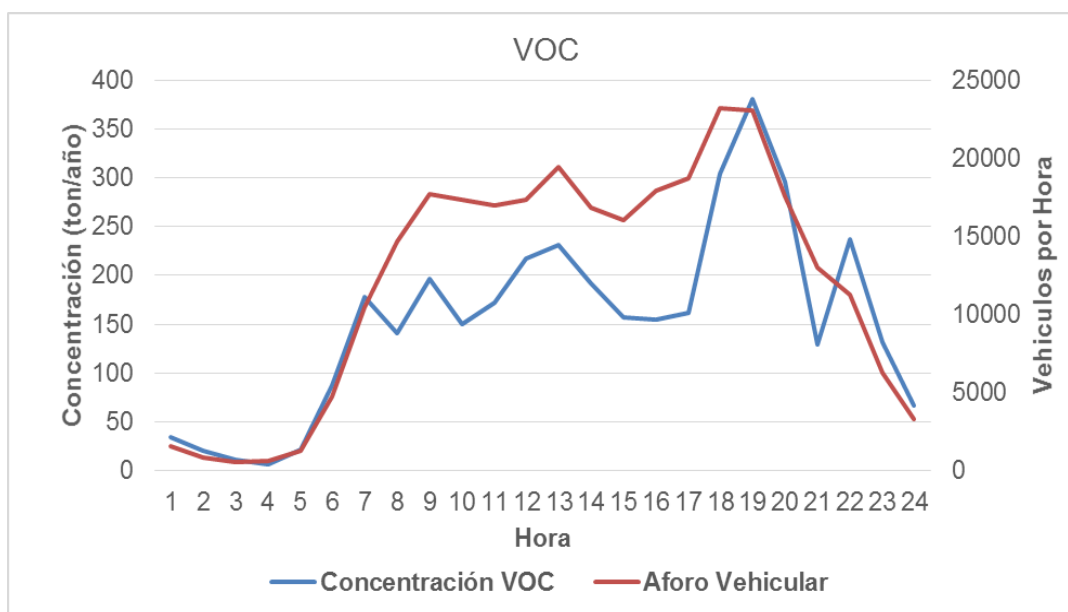


Figura 6.12 Emisión horaria VOC por fuentes móviles vs aforo vehicular – Cartago.
Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

INVENTARIO EMISIONES CARTAGO 2018

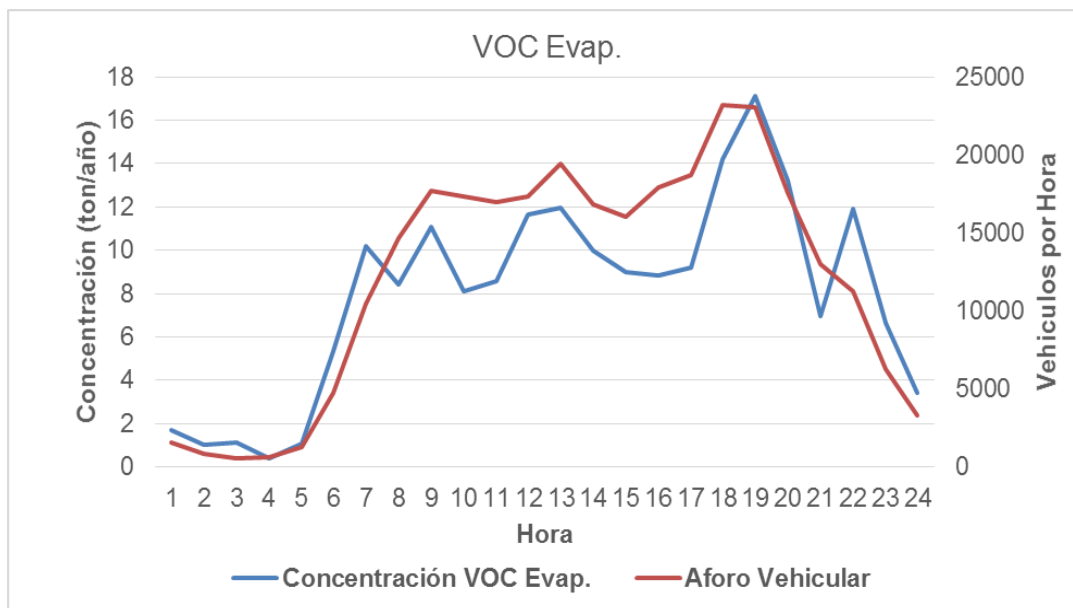


Figura 6.13 Emisión horaria VOC Evap. por fuentes móviles vs aforo vehicular – Cartago.
Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

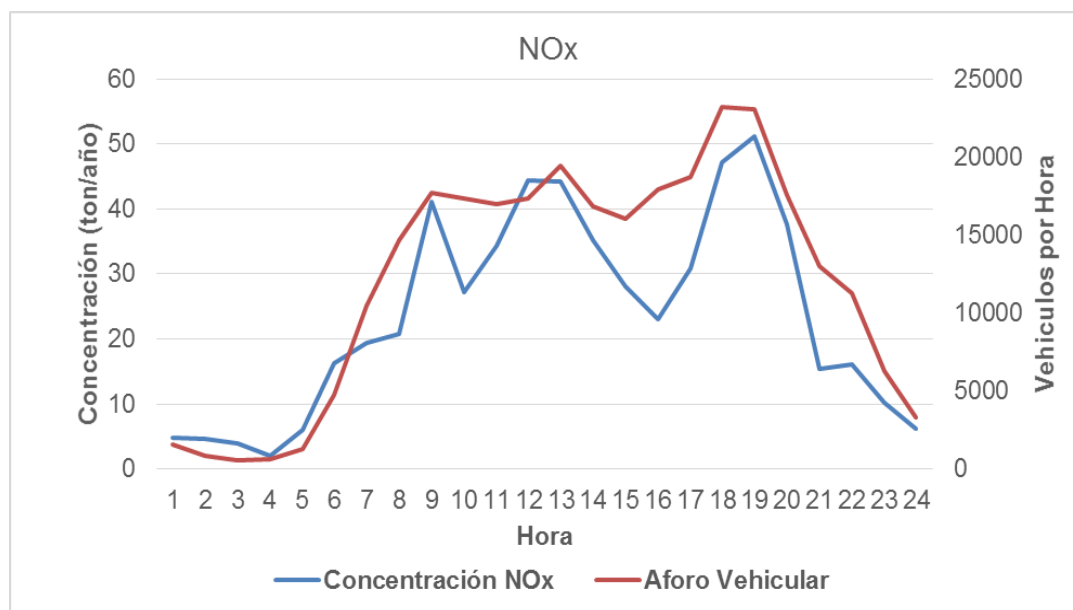


Figura 6.14 Emisión horaria NOx por fuentes móviles vs aforo vehicular – Cartago.
Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

INVENTARIO EMISIONES CARTAGO 2018

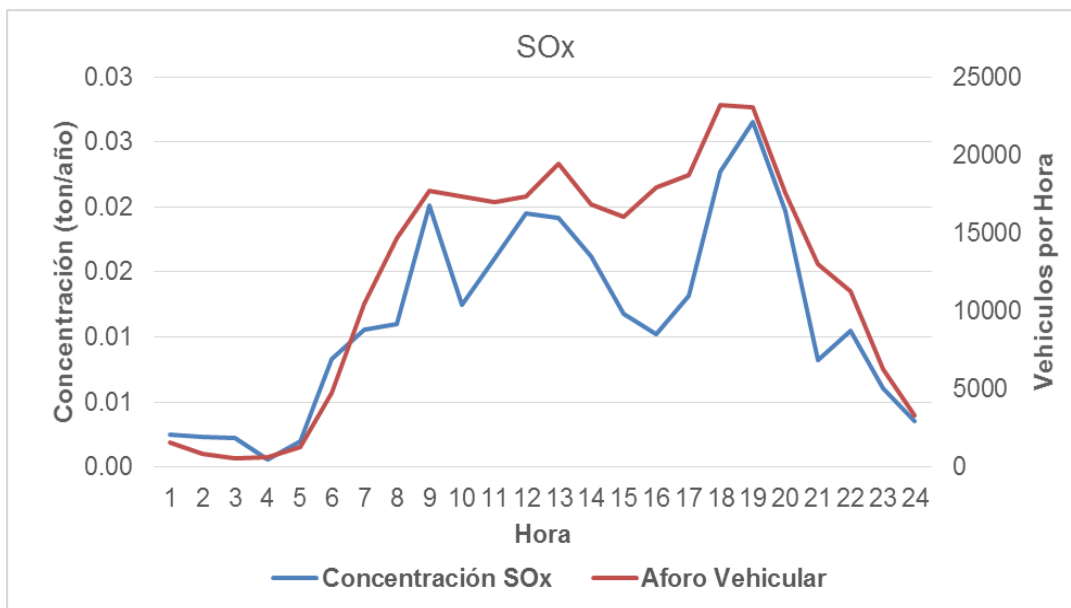


Figura 6.15 Emisión horaria SOx por fuentes móviles vs aforo vehicular – Cartago.
Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

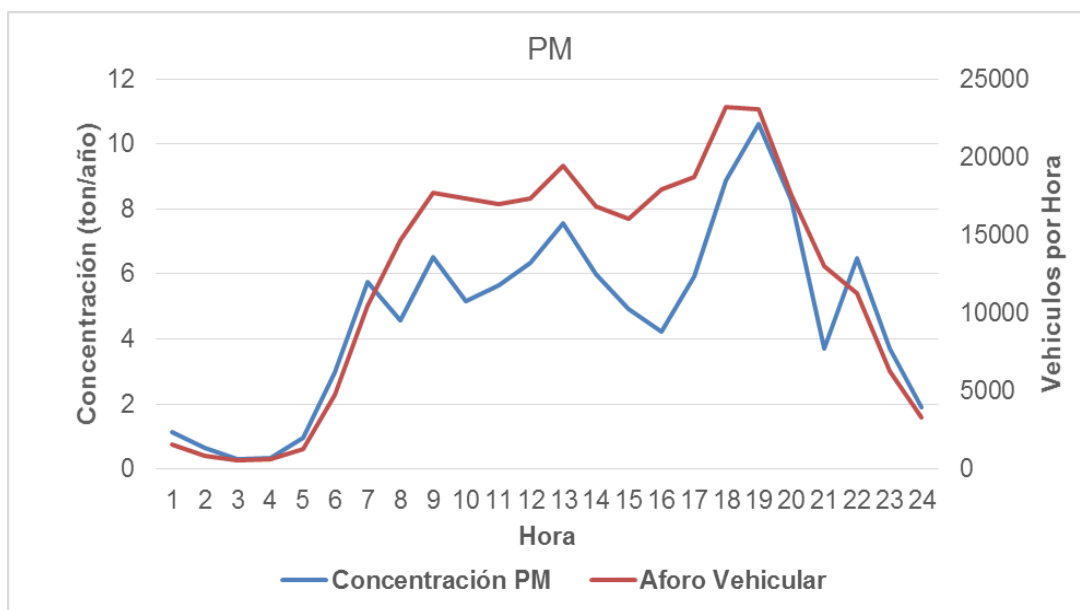


Figura 6.16 Emisión horaria PM por fuentes móviles vs aforo vehicular – Cartago.
Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

INVENTARIO EMISIONES CARTAGO 2018

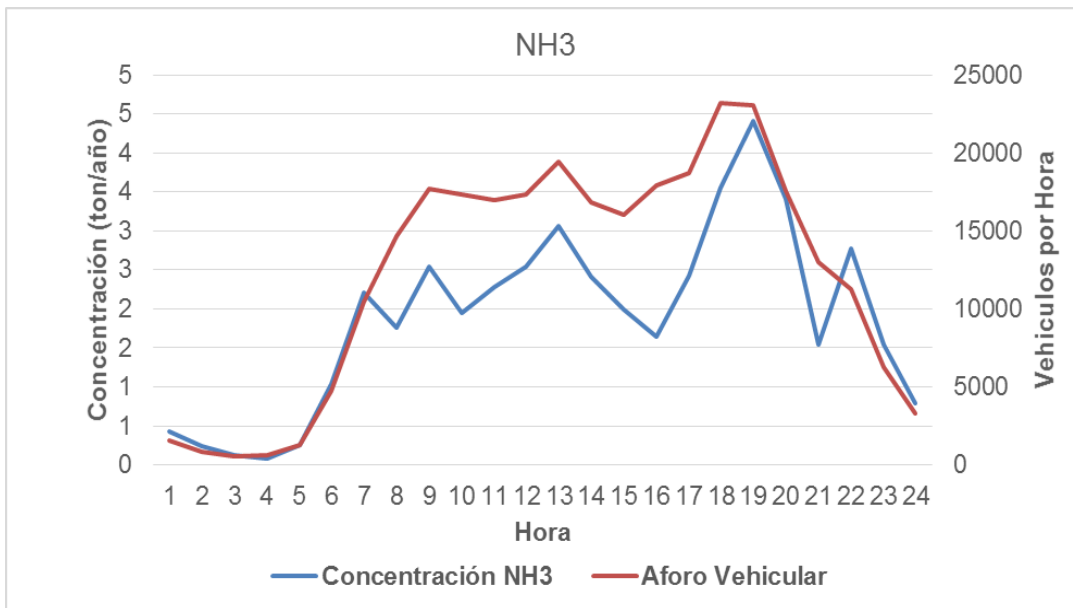


Figura 6.17 Emisión horaria NH₃ por fuentes móviles vs aforo vehicular – Cartago.
Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

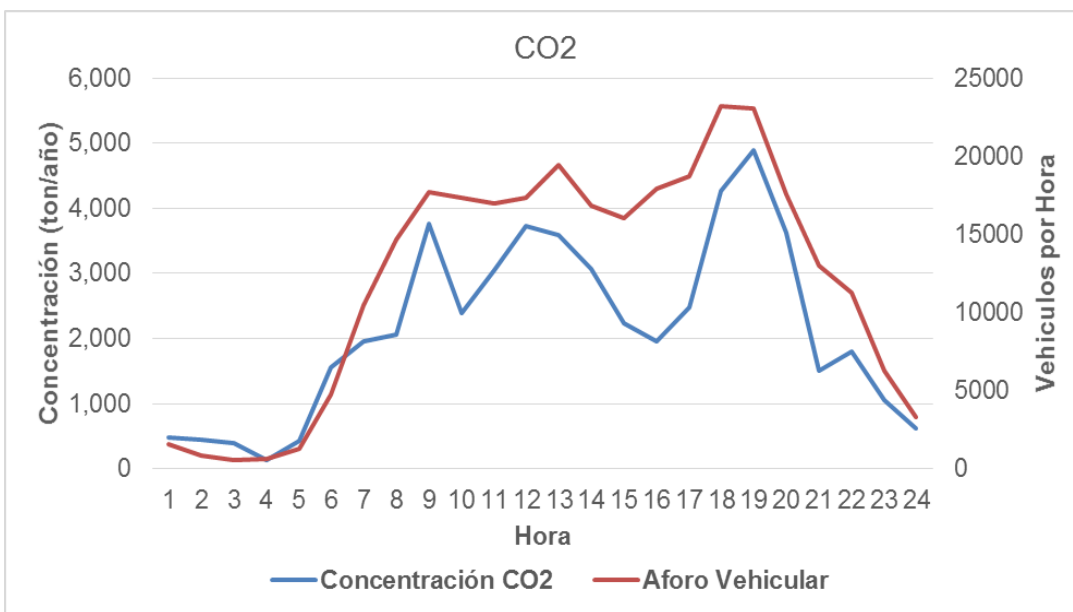


Figura 6.18 Emisión horaria CO₂ por fuentes móviles vs aforo vehicular – Cartago.
Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

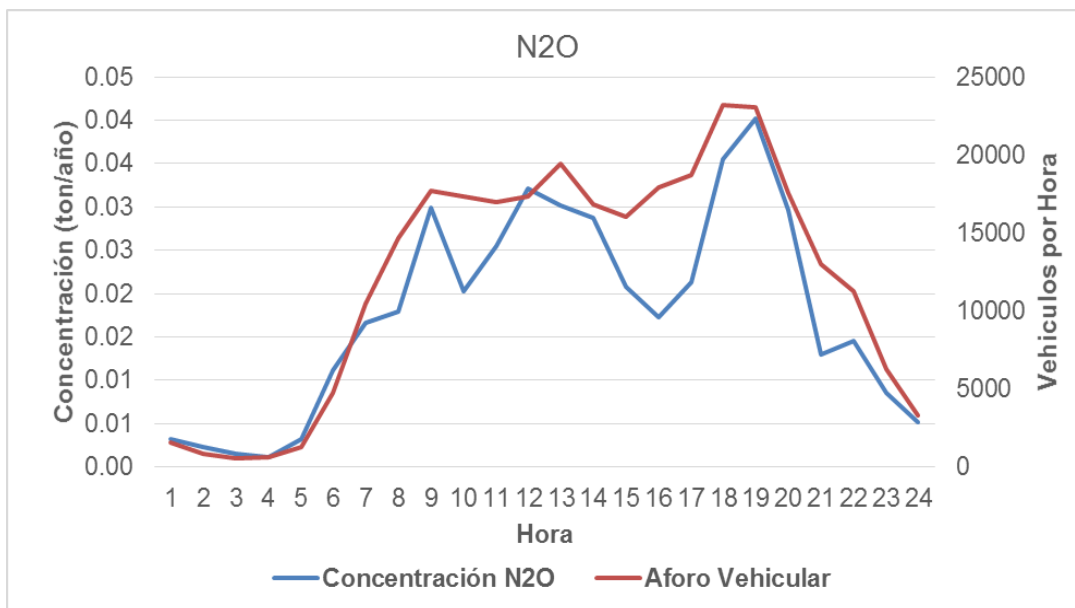


Figura 6.19 Emisión horaria N₂O por fuentes móviles vs aforo vehicular – Cartago.
Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

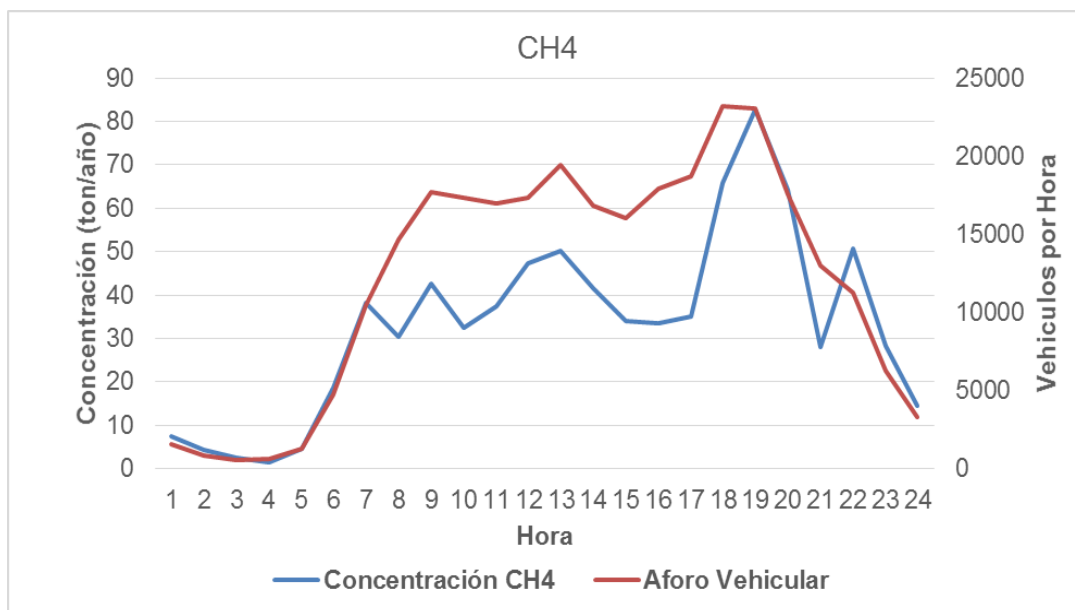


Figura 6.20 Emisión horaria CH₄ por fuentes móviles vs aforo vehicular – Cartago.
Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

Las mayores emisiones se presentan en CO₂, CO y VOC respectivamente, lo cual es un comportamiento normal de acuerdo a las características de la flota vehicular; las emisiones de N₂O y SO₂ son las más bajas y se debe en parte al tipo de combustibles utilizados en Colombia. Todos los contaminantes presentan un comportamiento similar en

el cual aumentan a partir de las 6 a.m. hasta las 9 p.m., algunos presentan varios picos de alta concentración otros solo un pico al finalizar la tarde (6 - 7 p.m.).

6.3 INVENTARIO DE EMISIONES TOTALES

El total de emisiones en peso y porcentaje para los contaminantes estudiados en este inventario, se muestran en la Tabla 6.14 y la Tabla 6.15.

Tabla 6.14 Emisiones Totales en toneladas/año

FUENTE	PM (Ton/año)	SO _x (Ton/año)	NO _x (Ton/año)	CO (Ton/año)	COV (Ton/año)	CH ₄ (Ton/año)	CO ₂ (Ton/año)
FIJAS	70.57	335.01	91.08	2479.49	27.27	45.21	67265.71
MOVILES	112.52	0.28	571.16	10667.24	3868.48	795.09	51471.01
TOTAL	183.09	335.29	661.24	13146.73	3895.75	840.3	118736.72

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

Tabla 6.15 Aportes realizados por las diferentes fuentes

FUENTE	PM	SO _x	NO _x	CO	COV	CH ₄	CO ₂
FIJAS	39%	99.9%	14%	18.9%	1%	5%	57%
MOVILES	61%	0.1%	86%	81.1%	99%	95%	43%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

El total de emisiones del área urbana del municipio de Cartago, muestra que el contaminante de mayor emisión es el dióxido de carbono, presentando una emisión aproximada de 109042 Ton/año, generadas mayormente por fuentes (57%). En segundo lugar se encuentra el monóxido de carbono el cual es emitido por las fuentes móviles, con emisiones aproximadas de 13143 Ton/año.

Se puede observar que las fuentes fijas son las mayores generadoras de CO₂ y SO₂, así mismo contribuyen en la generación de PM, NO_x, y CO, los mayores aportes de los contaminantes CO, COV y CH₄ se deben a las fuentes móviles.

(Espacio intencionalmente en Blanco)

INVENTARIO EMISIONES CARTAGO 2018

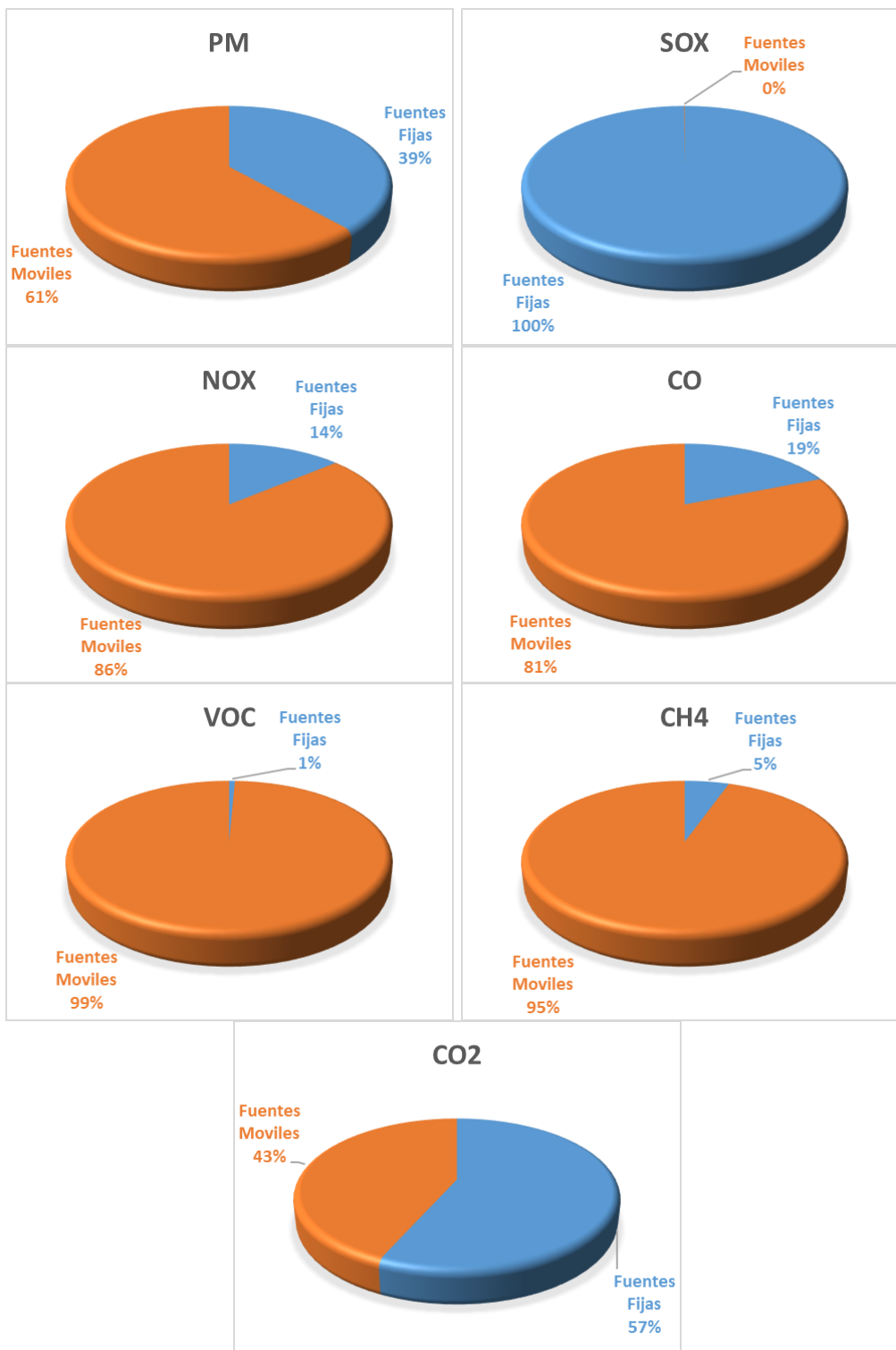


Figura 6.21 Emisiones totales por tipo de fuente
Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

6.4 GASES EFECTO INVERNADERO - GEI

Como fuente principal de revisión para el establecimiento de los sectores y de los factores de emisión a emplear se tuvo en cuenta el documento de “Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero” En este documento pueden encontrarse los diferentes factores de emisión sugeridos para cada sector con su especificidad y las hojas de cálculo a manejar para la consolidación y simplificación del inventario.

El municipio de Cartago contó con identificación de actividades dentro del Sector Energía y el Sector Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra, debido a que cada uno de los sectores cuenta con unos factores de emisión y condiciones diferentes para el cálculo de las emisiones de GEI, se presenta cada uno de los sectores por separado.

6.4.1 SECTOR ENERGÍA

Dentro del municipio de Cartago se encontró dentro del sector energía categoría 1A Actividades de quema de combustible y categoría 1B Emisiones fugitivas provenientes de la comercialización de combustible. Los resultados de la clasificación por sectores, de los factores de emisión empleados y de la emisión calculada por fuente se muestra en la Tabla 6.17

De igual forma en el Anexo digital 2 se encuentra la base de datos con toda la información relacionada a la conversión de unidades y el paso de los consumos y ventas a unidades energéticas.

6.4.2 SECTOR AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA

Dentro del municipio de Cartago se identificaron como fuentes pertenecientes a este sector todas las fuentes de proceso que se encuentran vinculadas con la recepción y transformación de cosecha como una forma de expresión de las tierras convertidas en tierras de cultivo y la producción que generan.

Para la estimación de las emisiones de GEI generadas por la quema de caña de azúcar se consideraron las hectáreas de cultivo quemadas mediante quema programada e Incendio (quema no programada) para el municipio de Cartago, información suministrada por la CVC y se aplicaron los factores y fórmula descritos en el numeral 4.4. Los resultados se presentan en la Tabla 6.16

Tabla 6.16 Emisiones de GEI generadas por la quema pre-cosecha de cultivo de caña de azúcar

HECTÁREAS POR INCENDIO	HECTÁREAS POR QUEMA PROGRAMADA	TOTAL HECTÁREAS	EMISION CO2 (TON/Año)	EMISION CO (TON/Año)	EMISION CH4 (TON/Año)	EMISION N2O (TON/Año)	EMISION NOx (TON/Año)
90.3	2157.96	2248.26	17711.79	1075.57	31.57	0.82	29.23

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

INVENTARIO EMISIONES CARTAGO 2018

Tabla 6.17 Emisiones GEI por tipo de fuente inventariada expresadas en Kg CO₂ eq/Año

RAZÓN SOCIAL	SECTOR GEI	ACTIVIDAD PRODUCTIVA	TIPO DE FUENTE	TIPO DE COMBUSTIBLE	CONSUMO ANUAL	UNID	FACTOR DE CONVERSIÓN (TJ/Kg-m3)	CONSUMO COMBUSTIBLE (TJ)	EMISIÓN_C O ₂ (Kg)	EMISIÓN_C H ₄ (Kg eq CO ₂)	EMISIÓN N ₂ O (Kg eq CO ₂)
INVERSIONES BELLAVISTA S,A,S,	Energía	MINERALES NO METÁLICOS	Horno	Carbón	451250,4	Kg/año	3,00258E-05	13,5491543	1281749,993026	135,491543	20,323731
INVERSIONES BELLAVISTA S,A,S,	Energía	MINERALES NO METÁLICOS	Horno	Cascarilla de café	2400000	Kg/año	1,63053E-05	39,1327200	3913272,000000	1173,981600	156,530880
INGREDION COLOMBIA S,A,	Energía	ALIMENTOS Y BEBIDAS	Caldera	MJC2C	62208	m3/año	0,000039499	2,4571351	137845,280771	12,285676	0,245714
INGREDION COLOMBIA S,A,	Energía	ALIMENTOS Y BEBIDAS	Caldera	Gas natural	161280	m3/año	0,000039499	6,3703503	357376,653850	31,851752	0,637035
PRODUCTORA DE ALIMENTOS CONCENTRADOS PARA ANIMALES CONTEGRAL S,A,S,	Energía	ALIMENTOS Y BEBIDAS	Caldera	Carbón	4773600	Kg/año	3,00258E-05	143,3311589	13559127,630048	1433,311589	214,996738
PRODUCTORA DE ALIMENTOS CONCENTRADOS PARA ANIMALES CONTEGRAL S,A,S,	Energía	ALIMENTOS Y BEBIDAS	Caldera	Carbón	4773600	Kg/año	3,00258E-05	143,3311589	13559127,630048	1433,311589	214,996738
VARGAS CADAVID ELIECER	Energía	MINERALES NO METÁLICOS	Horno	Carbón	1440000	Kg/año	3,00258E-05	43,2371520	4090234,579200	432,371520	64,855728
COMPAÑIA INDUSTRIAL DE PRODUCTOS AGROPECUARIOS S,A,	Energía	ALIMENTOS Y BEBIDAS	Caldera	Carbón	1658880	Kg/año	3,00258E-05	49,8091991	4711950,235238	498,091991	74,713799
GRESVALLE S,A,	Energía	MINERALES NO METÁLICOS	Horno	Carbón	1440000	Kg/año	3,00258E-05	43,2371520	4090234,579200	432,371520	64,855728
LADRILLERA Y ARCILLAS SAN JOSE S,A,S	Energía	MINERALES NO METÁLICOS	Horno	Carbón / Cascarilla de café	1019520	Kg/año	1,63053E-05	16,1000000	1572590,616539	166,235795	24,935369
LADRILLERA MARISCAL ROBLEDO	Energía	MINERALES NO METÁLICOS	Horno	Carbón	1440000	Kg/año	3,00258E-05	43,2371520	4090234,579200	432,371520	64,855728
LADRILLERA Y ARCILLAS EL PACIFICO S,A,S,	Energía	MINERALES NO METÁLICOS	Horno	Carbón	1440000	Kg/año	3,00258E-05	43,2371520	4090234,579200	432,371520	64,855728
INVERSIONES Y CONSTRUCCIONES EL CARMEN S,A,S,	Energía	MINERALES NO METÁLICOS	Horno	Carbón	1440000	Kg/año	3,00258E-05	43,2371520	4090234,579200	432,371520	64,855728

INVENTARIO EMISIONES CARTAGO 2018

RAZÓN SOCIAL	SECTOR GEI	ACTIVIDAD PRODUCTIVA	TIPO DE FUENTE	TIPO DE COMBUSTIBLE	CONSUMO ANUAL	UNID	FACTOR DE CONVERSIÓN (TJ/Kg-m3)	CONSUMO COMBUSTIBLE (TJ)	EMISIÓN_C O2 (Kg)	EMISIÓN_C H4 (Kg eq CO2)	EMISIÓN N2O (Kg eq CO2)
LOPEZ GLORIA NANCY	Energía	ALIMENTOS Y BEBIDAS	Horno	Gas natural	3372	m3/año	0,000039499	0,1331896	7471,937480	0,665948	0,013319
GIRALDO GOMEZ HERNAN DARIO	Energía	ALIMENTOS Y BEBIDAS	Horno	Gas natural	1752	m3/año	0,000039499	0,0692017	3882,216627	0,346009	0,006920
GIRALDO JARAMILLO JESUS MARIA	Energía	ALIMENTOS Y BEBIDAS	Horno	Gas natural	6024	m3/año	0,000039499	0,2379402	13348,443470	1,189701	0,023794
GIRALDO JARAMILLO JESUS MARIA	Energía	ALIMENTOS Y BEBIDAS	Horno	Gas natural	3060	m3/año	0,000039499	0,1208660	6780,583834	0,604330	0,012087
BARRERA LOPEZ MANUEL DE JESUS	Energía	ALIMENTOS Y BEBIDAS	Horno	Gas natural	4884	m3/año	0,000039499	0,1929117	10822,343610	0,964558	0,019291
LAS DELICIAS DEL PAN Y LA ALMOJÁBANA	Energía	ALIMENTOS Y BEBIDAS	Horno	Gas natural	4884	m3/año	0,000039499	0,1929117	10822,343610	0,964558	0,019291
GIRALDO DUQUE MARIA TATIANA	Energía	ALIMENTOS Y BEBIDAS	Horno	Gas natural	4884	m3/año	0,000039499	0,1929117	10822,343610	0,964558	0,019291
CORREA TAPIERO RODRIGO	Energía	ALIMENTOS Y BEBIDAS	Horno	Gas natural	5040	m3/año	0,000039499	0,1990734	11168,020433	0,995367	0,019907
SALAZAR CARVAJAL DUVAN ARLEY	Energía	ALIMENTOS Y BEBIDAS	Horno	Gas natural	8316	m3/año	0,000039499	0,3284712	18427,233714	1,642356	0,032847
RAMOS TORRES ROSAURA	Energía	ALIMENTOS Y BEBIDAS	Horno	Gas natural	1788	m3/año	0,000039499	0,0706237	3961,988201	0,353118	0,007062
BEDOYA GOMEZ HECTOR CESAR	Energía	ALIMENTOS Y BEBIDAS	Horno	Gas natural	5040	m3/año	0,000039499	0,1990734	11168,020433	0,995367	0,019907
BEDOYA GOMEZ HECTOR CESAR	Energía	ALIMENTOS Y BEBIDAS	Horno	Gas natural	1788	m3/año	0,000039499	0,0706237			
SABOGAL GOMEZ LUIS GERARDO	Energía	ALIMENTOS Y BEBIDAS	Horno	Gas natural	4884	m3/año	0,000039499	0,1929117	10822,343610	0,964558	0,019291
ARCILA MUÑOZ GUILLERMO DE JESUS	Energía	ALIMENTOS Y BEBIDAS	Horno	Gas natural	4656	m3/año	0,000039499	0,1839059	10317,123638	0,919530	0,018391
RIOS POLO KATHERINE	Energía	ALIMENTOS Y BEBIDAS	Horno	Gas natural	4860	m3/año	0,000039499	0,1919637	10769,162560	0,959818	0,019196
SERNA DUQUE FREDY DE JESUS	Energía	ALIMENTOS Y BEBIDAS	Horno	Gas natural	7680	m3/año	0,000039499	0,3033500	17017,935898	1,516750	0,030335
CASTAÑO ARCE SANDRA VIVIANA	Energía	ALIMENTOS Y BEBIDAS	Horno	Gas natural	4884	m3/año	0,000039499	0,1929117	10822,343610	0,964558	0,019291
57 PANADERÍAS NO REGISTRADAS	Energía	ALIMENTOS Y BEBIDAS	Horno	Gas natural	278388	m3/año	0,000039499	10,9959641	616873,585763	54,979820	1,099596
JASLO SAS	Energía	COMERCIO COMBUSTIBLES	Tanque estacionari	Gasolina	789,456	m3/año	0,000043254	0,0036901	255,727079	0,036901	0,002214

INVENTARIO EMISIONES CARTAGO 2018

RAZÓN SOCIAL	SECTOR GEI	ACTIVIDAD PRODUCTIVA	TIPO DE FUENTE	TIPO DE COMBUSTIBLE	CONSUMO ANUAL	UNID	FACTOR DE CONVERSIÓN (TJ/Kg-m3)	CONSUMO COMBUSTIBLE (TJ)	EMISIÓN_C O2 (Kg)	EMISIÓN_C H4 (Kg eq CO2)	EMISIÓN N2O (Kg eq CO2)
			o								
JASLO SAS	Energía	COMERCIO COMBUSTIBLES	Tanque estacionario	Diesel	2299,392	m3/año	0,000045275	0,0094858	702,899231	0,094858	0,005691
VILLA MONTOYA SAS - VILLMONT SAS	Energía	COMERCIO COMBUSTIBLES	Tanque estacionario	Gasolina	408,78	m3/año	0,000043254	0,0019108	132,415379	0,019108	0,001146
VILLA MONTOYA SAS - VILLMONT SAS	Energía	COMERCIO COMBUSTIBLES	Tanque estacionario	Diesel	317,94	m3/año	0,000045275	0,0013116	97,190815	0,013116	0,000787
MASGAS SA	Energía	COMERCIO COMBUSTIBLES	Tanque estacionario	Gasolina	317,94	m3/año	0,000043254	0,0014861	102,989739	0,014861	0,000892
MASGAS SA	Energía	COMERCIO COMBUSTIBLES	Tanque estacionario	Diesel	317,94	m3/año	0,000045275	0,0013116	97,190815	0,013116	0,000787
MEJIA RIVERA GILBERTO	Energía	COMERCIO COMBUSTIBLES	Tanque estacionario	No reportado	420	m3/año	0,000045275	0,0017327	128,389451	0,017327	0,001040
CARDONA IZA JUAN GUILLERMO	Energía	COMERCIO COMBUSTIBLES	Tanque estacionario	No reportado	420	m3/año	0,000045275	0,0017327	128,389451	0,017327	0,001040
DISTRIBUIDORA COLOMBIANA DE COMBUSTIBLES SAS	Energía	COMERCIO COMBUSTIBLES	Tanque estacionario	No reportado	420	m3/año	0,000045275	0,0017327	128,389451	0,017327	0,001040
RESTREPO DE BOHORQUEZ LUZ PATRICIA	Energía	COMERCIO COMBUSTIBLES	Tanque estacionario	No reportado	420	m3/año	0,000045275	0,0017327	128,389451	0,017327	0,001040
ARIAS CUARTAS VIVIANA KATHERINE	Energía	COMERCIO COMBUSTIBLES	Tanque estacionario	No reportado	420	m3/año	0,000045275	0,0017327	128,389451	0,017327	0,001040
AGUIRRE SALAZAR JHON JAIRO	Energía	COMERCIO COMBUSTIBLES	Tanque estacionario	No reportado	420	m3/año	0,000045275	0,0017327	128,389451	0,017327	0,001040
TORO GUTIERREZ RICARDO ANTONIO	Energía	COMERCIO COMBUSTIBLES	Tanque estacionario	No reportado	420	m3/año	0,000045275	0,0017327	128,389451	0,017327	0,001040
MEJIA RIVERA GILBERTO	Energía	COMERCIO COMBUSTIBLES	Tanque estacionario	No reportado	420	m3/año	0,000045275	0,0017327	128,389451	0,017327	0,001040

INVENTARIO EMISIONES CARTAGO 2018

RAZÓN SOCIAL	SECTOR GEI	ACTIVIDAD PRODUCTIVA	TIPO DE FUENTE	TIPO DE COMBUSTIBLE	CONSUMO ANUAL	UNID	FACTOR DE CONVERSIÓN (TJ/Kg-m3)	CONSUMO COMBUSTIBLE (TJ)	EMISIÓN_C O2 (Kg)	EMISIÓN_C H4 (Kg eq CO2)	EMISIÓN N2O (Kg eq CO2)	
			o									
ESTACION DE SERVICIO POPULAR SA	Energía	COMERCIO COMBUSTIBLES	Tanque estacionario	No reportado	420	m3/año	0,000045275	0,0017327	128,389451	0,017327	0,001040	
VILLA MONTOYA SAS - VILMONT SAS	Energía	COMERCIO COMBUSTIBLES	Tanque estacionario	No reportado	420	m3/año	0,000045275	0,0017327	128,389451	0,017327	0,001040	
MEJIA RIVERA GILBERTO	Energía	COMERCIO COMBUSTIBLES	Tanque estacionario	No reportado	420	m3/año	0,000045275	0,0017327	128,389451	0,017327	0,001040	
LUZ PATRICIA RESTREPO DE BOHORQUEZ	Energía	COMERCIO COMBUSTIBLES	Tanque estacionario	No reportado	420	m3/año	0,000045275	0,0017327	128,389451	0,017327	0,001040	
CARLOS ALBERTO VILLA MARIN	Energía	COMERCIO COMBUSTIBLES	Tanque estacionario	No reportado	420	m3/año	0,000045275	0,0017327	128,389451	0,017327	0,001040	
DIDIER QUINTERO BEDOYA Y CIA SCS	Energía	COMERCIO COMBUSTIBLES	Tanque estacionario	No reportado	420	m3/año	0,000045275	0,0017327	128,389451	0,017327	0,001040	
JOHN JAIRO AGUIRRE SALAZAR	Energía	COMERCIO COMBUSTIBLES	Tanque estacionario	No reportado	420	m3/año	0,000045275	0,0017327	128,389451	0,017327	0,001040	
COMBUSTIBLES MEJIA REYES LTDA SIGLA COMBUSTIBLES MR LTDA	energía	COMERCIO COMBUSTIBLES	Tanque estacionario	No reportado	420	m3/año	0,000045275	0,0017327	128,389451	0,017327	0,001040	
									Total Kg CO2	60332953,54988	7111,643430	1033,086614
									Total Ton CO2	60332,95355	7,11164343	1,033086614

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

De igual forma se condensa la información en la hoja de trabajo sugerida por el IPCC que se muestra en la Tabla 6.18.

Tabla 6.18 Emisiones GEI por tipo de combustible expresadas en Kg CO₂ eq/Año

Sector Energía
Categoría Combustión de actividades
Código de categoría 1A y 1B

Combustible	Consumo de energía - Cartago									
	A Consumo (unidades masa, volúmen, etc)	B (Factor de conversión a TJ)	C (consumo en TJ)	D Factor de emisión CO ₂ (Kg CO ₂ /TJ)	E Emisión (Kg CO ₂)	D Factor de emisión CH ₄ (Kg CH ₄ /TJ)	E Emisión (Kg CH ₄)	D Factor de emisión N ₂ O (Kg N ₂ O/TJ)	E Emisión (Kg N ₂ O)	
Diésel	2935,272	0,012109053	0,039831452	74100	138742,562	10	12,4067662	0,6	0,25297895	
Gasolina	1516,176	0,000043254	0,007087046	69300	491,132	10	0,07087046	0,6	0,004252	
Gas Natural	517464	0,000039499	20,43931054	56100	1142674,624	1	101,842658	0,1	2,03685316	
Cascarilla de café	2400000	1,63053E-05	39,13272	100000	3952674,624	30	1173,9816	4	156,53088	
Carbón	19876850,4	3,00258E-05	596,8183347	94600	55135719,001	10	5823,06431	1,5	874,245016	
Total					60370301,94				7111,36621	1033,06998

Fuente: K2 Ingeniería S.A.S (estudio actual)

7 IMPACTOS Y TÉCNICAS DE CONTROL DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS.

Los niveles de contaminación por partículas, gases y vapores emitidos a la atmósfera por las industrias y procesos en el municipio de Cartago, han adquirido un nivel importante y han aumentado de acuerdo al incremento del parque automotor. A nivel nacional como internacionalmente, se ha reconocido la gravedad de la contaminación atmosférica industrial y urbana, cuyas consecuencias derivan en impactos negativos para la salud, los recursos naturales y la calidad de vida en general.

No pocos foros internacionales sobre el medio ambiente -Declaración de Río de Janeiro o la Cumbre del Milenio de las Naciones Unidas- han concluido en que la protección del entorno ambiental implica una responsabilidad conjunta entre los sectores público y privado. Tales foros hacen énfasis también en la necesidad de modificar los actuales patrones producción-consumo, tanto para los países desarrollados como para los países en vías de desarrollo como el nuestro.

A continuación se presentan algunos de los impactos ambientales más significativos que se pueden registrar en el municipio de Cartago:

7.1 DETERMINACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES MÁS SIGNIFICATIVOS

De acuerdo con la política Nacional de Producción y Consumo Sostenible, si una empresa logra reducir el impacto ocasionado por sus actividades, el producto que ofrece al mercado será más sostenible e incentivará el criterio de producción más limpia.

Teniendo en cuenta los aspectos ambientales evaluados, se han encontrado los siguientes impactos ambientales negativos:

- Contaminación atmosférica debido a la presencia en el ambiente atmosférico de materiales emitidos por los procesos de manufactura o producción y tránsito de vehículos. Dentro de tales contaminantes se encuentran el material particulado menor a 10 micras PM_{10} , el dióxido de carbono CO_2 , el monóxido de carbono CO y algunos compuestos orgánicos volátiles VOC, vapores en forma de óxidos de nitrógeno NO_x , óxidos de azufre SO_x .
- Alto consumo de gas natural, propano, gas licuado del petróleo GLP, materiales derivados de recursos naturales no renovables, empleados corrientemente como combustibles.
- Alto consumo de bagazo de caña como fuente combustible para generación de energía.
- Efecto potencial y riesgos en la salud y el ambiente por parte de los contaminantes atmosféricos mencionados.

7.2 PROCEDIMIENTOS Y TECNICAS PARA CONTROLAR LAS EMISIONES

La estrategia de Producción más limpia implementada en Colombia a finales de los años noventa, ha venido desarrollándose gradualmente y ha permitido incorporar la dimensión ambiental en las industrias, con el propósito de mejorar el desempeño de los procesos productivos. Prevenir además el impacto ocasionado por sus emisiones, vertimientos y residuos en general, cuyos efectos negativos podrían afectar la vida en nuestro planeta.

Si bien toda actividad productiva tiene implicaciones ambientales, es importante destacar que incorporar la variable ambiental en el esquema operativo de las industrias ya no es considerada una carga económica por los empresarios, sino como el producto de un manejo serio, responsable, competitivo y con visión preventiva.

Por lo anterior, la aplicación de procedimientos, técnicas o tecnologías de control orientadas hacia la reducción de las emisiones atmosféricas en los procesos industriales y en los vehículos de transporte es una medida adecuada y permitirá obtener beneficios para la gestión integral.

A continuación se presentan algunas acciones para reducir el impacto ambiental de los contaminantes emitidos. Por su bajo costo, deberá dársele prioridad a las acciones orientadas hacia las buenas prácticas operativas y posteriormente se aplicarán las medidas o procedimientos básicos de producción más limpia.

Finalmente y por los mayores costos de inversión que ella demanda, se deberán aplicar otras estrategias o tecnologías de control disponibles en el mercado. Una de estas podría ser la instalación de sistemas BACT (del Inglés best achievable control technology) dependiendo de las ventajas que ofrezca al proceso o de las disponibilidades financieras de la empresa, como también los requisitos de la normatividad ambiental colombiana en control de la contaminación atmosférica en industrias.

BUENAS PRÁCTICAS OPERATIVAS

La aplicación de buenas prácticas operativas a nivel industrial exige en primera instancia realizar un inventario confiable de las emisiones atmosféricas por proceso productivo, para lo cual se deben tener en cuenta los criterios y recomendaciones de monitoreo directo en la fuente, balances de masa o en su defecto, utilizar los factores de emisión para determinar las emisiones por chimenea, según lo estipulado en la Resolución 909 de 2006 del MAVDT.

A continuación se indican algunas actividades consideradas como útiles, efectivas y de poca inversión, dentro de las buenas prácticas, para minimizar el impacto de la contaminación atmosférica industrial:

- Definir el contaminante atmosférico objetivo, es decir, aquel de mayor interés o prioritario por razones biosanitarias, de toxicidad o de potencial riesgo por causar enfermedades crónicas que deba ser controlado.

- Revisar la altura de descarga de la chimenea del equipo térmico respectivo y sus condiciones de seguridad respecto al área de influencia de las emisiones. La chimenea debe cumplir con los valores de altura mínima establecidos por la normatividad colombiana. Se debe evaluar la posibilidad de instalar puertos de muestreo cumpliendo con las especificaciones de altura requerida según los puertos, instalación de plataforma, escalera con canasta y un adecuado sistema de aislamiento para evitar que el calor emanado por la pared de la chimenea pueda afectar la salud de los operarios dedicados a la labor de monitoreo isocinético. Es importante evaluar la necesidad de emplear vapor de dispersión a la salida de los gases de combustión en boca de chimenea. El documento Protocolo para el Control y la Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas emitido por el MADS, establece criterios a aplicar en chimeneas. Por lo tanto, se recomienda consultarlo.
- Es conveniente establecer programas de monitoreo y vigilancia de las condiciones meteorológicas para la zona, toda vez que tales registros permitirían identificar las direcciones de los vientos prevalentes y detectar en consecuencia, aquellos sectores de la población potencialmente más contaminados.
- Evaluar la calidad del combustible empleado en los equipos térmicos tales como hornos y calderas de proceso. Un estudio de costo – beneficio con relación al menor contenido de azufre y mayor poder calorífico del combustible, permitirá utilizar un combustible menos agresivo para el ambiente. Por otro lado, un combustible menos corrosivo y más limpio, garantizará una corrida operacional del equipo térmico más duradera y menos reparaciones.
- La sustitución del combustible corrientemente en uso por otro más limpio es una práctica más costosa que la anterior, dado que exigiría por lo menos la revisión total del circuito de combustión que comprende el suministro de combustible, la olla de quemado y los quemadores propiamente dichos.
- Una práctica aparentemente sencilla consiste en optimizar la combustión buscando la mejor relación combustible- aire moviendo los registros de aire para regular el oxígeno en exceso. Se recomienda entonces revisar la hoja de especificaciones del fabricante y mediante gráficos, alcanzar la zona de mayor eficiencia de quema. Es importante revisar frecuentemente el estado de atomización del combustible y el color de la llama en el hogar.
- Las tecnologías BACT hacen referencia a equipos de control de emisiones atmosféricas instalados al final de tubo; es decir, que las chimeneas de los procesos son provistas de tecnologías de control ambiental ampliamente conocidas en el mercado, cuyas eficiencias minimizan el impacto ocasionado por los procesos y/o sistemas de combustión.

Es importante destacar que la escogencia de la tecnología de control depende de la naturaleza y las características físico-químicas del material contaminante a atrapar, como también de las condiciones de temperatura, presión o carga contaminante a la salida de los gases de chimenea, a fin de alcanzar los niveles establecidos por los estándares de calidad ambiental.

Una vez determinada la carga de material contaminante y el porcentaje de esta a remover para cumplir con los estándares o criterios de norma, se procederá a escoger las alternativas de control aplicando los siguientes pasos:

- a) Determine la eficiencia de colección requerida. Esta se obtiene restando a la carga contaminante en la salida de los gases de chimenea, el material a remover con el fin de cumplir los requisitos de norma.
- b) Proponer las alternativas de equipos de control según la naturaleza del contaminante a atrapar. Para las partículas sólidas regularmente se emplean equipos de control de impacto como los ciclones, sistemas de baghouse (del Inglés filtros de bolsa o de tela) o precipitadores electrostáticos.
- c) Algunas partículas sólidas pueden ser atrapadas con sistemas lavadores o scrubbers. Sin embargo, es necesario esta tecnología debe revisarse con cuidado porque pueden presentarse fallas operativas debido a taponamientos de los lodos en el sistema.
- d) Para atrapar gases y/o vapores son muy útiles los sistemas de lavado de gases o las torres absorbedoras, incluso en los casos en que la corriente sea ácida o el material a atrapar sea corrosivo o tóxico. En este último caso el agente lavador podría ser una solución de soda cáustica o soluciones de amina.

En el caso de las fuentes móviles los controles se basan tanto en campañas educativas de la población y mejora de los combustibles y flota vehicular a emplear en el país, así como en la penalización por el incumplimiento de normas ambientales descritas para los vehículos de transporte, en las acciones más destacadas se encuentra:

- Elaborar las revisiones técnico-mecánicas a tiempo y en lugares autorizados con experiencia para lo solución de problemas de emisión.
- Cargar combustible en lugares autorizados y preferir el uso de gasolinas ecoeficientes o con aditivos de recursos renovables.
- Realizar el cambio de flota vehicular excesivamente antigua, así como incentivar el recambio a vehículos eléctricos o de operación mecánica (bicicleta).
- Concientizar a la población de la contaminación que genera un vehículo de transporte para incentivar el uso de transporte público o el compartir el vehículo.

Revisadas las alternativas de control, se procederá a seleccionar aquella más conveniente según criterios de costo-efectividad y facilidades de instalación o mantenimiento.

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A continuación, se presentan las conclusiones resultado de la actualización del inventario de emisiones atmosféricas para el municipio de Cartago:

- El inventario de emisiones atmosféricas del municipio de Cartago, incluye 104 establecimientos con fuentes de emisiones atmosféricas, de las cuales el 10% corresponden a fuentes fijas industriales y el 90% a fuentes de área; de las cuales el 77% pertenecen al sector alimentos y bebidas (panaderías) y el 23% al sector comercio de combustible (estaciones de servicio).
- La demanda energética de los sectores: industrial, comercial y de servicios del municipio, es abastecida principalmente por carbón y gas natural. Para el año 2015 el consumo total de gas natural fue de 5.201.671 m³ (4.033.004 m³ consumo residencial y 1.168.667 m³ consumo no residencial).
- En el municipio hacen presencia 10 grandes empresas cuya actividad industrial genera emisiones a la atmosfera por sus procesos productivos y/o actividades de generación de energía: CIPA S.A., CONTEGRAL S.A.S., INGREDION COLOMBIA S.A., LADRILLERA BELLAVISTA, LADRILLERA DEL VALLE, LADRILLERA GRESVALLE, LADRILLERA LADRILLAR, LADRILLERA Y ARCILLAS EL PACIFICO S.A.S, LADRILLERA Y ARCILLAS SAN JOSE y MARISCAL S.A.(ARCASA).
- Los sectores de Alimentos y Bebidas y de Minerales no metálicos, son los mayores generadores de óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, óxidos de azufre y dióxido de carbono por el uso de carbón como combustible. El sector de Alimentos y Bebidas genera aproximadamente el 53% de las emisiones y el sector de Minerales no metálicos el 42% de las emisiones para los contaminantes mencionados, y este último sector, además genera el 98% de las emisiones de material particulado en los hornos ladrilleros. Respecto a las emisiones de compuestos orgánicos volátiles, el 98,3% de las emisiones son generadas en las estaciones de servicio por el comercio de combustibles.
- En el estudio de modelación para las fuentes móviles, se realizaron conteos representativos de vehículos según criterio previamente establecido y se modelaron sus emisiones. Cabe aclarar que los resultados arrojados por el modelo son estimaciones, a partir de muestras representativas tomadas en cada una de las vías.
- La emisión de CO₂ y SO_x, es mayor en fuentes fijas que en fuentes móviles, esto debido al uso de carbón como combustible en varias de las empresas del municipio; para los contaminantes PM, NO_x, CO, VOC y CH₄ el mayor aporte se registra por las fuentes móviles, para los contaminantes VOC y CH₄ las fuentes móviles representan más del 90% de la emisión en el municipio de Cartago.

- Al comparar las emisiones de VOC's generadas por todas las fuentes fijas y de área (27.27 Ton/año) con las generadas por fuentes móviles (3868.48 Ton/año) se evidencia una relación 140 veces mayor de las emisiones generadas por fuentes móviles contra las generadas por fuentes fijas.
- El dióxido de carbono CO₂, monóxido de carbono CO y los compuestos orgánicos volátiles VOC son los contaminantes de mayor emisión en el municipio, mientras que los óxidos Nitrosos N₂O y el material particulado son los de menor emisión.
- Respecto a las emisiones de Gases de Efecto Invernadero GEI la actividad que genera mayores emisiones de esta naturaleza es la de consumo de energía, la cual contempla el consumo de energía por diferentes actividades en el municipio.

9 REFERENCIAS

Estrategias de Mejoramiento Ambiental, Convenio 099 de 2016, Pontificia Universidad Javeriana de Cali.

Alcaldía de Cartago. (2016). PLAN DE DESARROLLO. Cartago

Guía para la elaboración de inventarios de emisiones atmosféricas. MADS

National Pollutant Inventory [NPI] (2001). «Emission estimation technique manual for Combustion in boilers», Version 3.6. <http://www.npi.gov.au/>

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY [EPA] (1998). Emissions Factors & AP-42, Compilation of Air Pollutant Emission Factors, <https://www.epa.gov/air-emissions-factors-and-quantification/ap-42-compilation-air-emissions-factors#5thed>

Calculadora FECOC 2016 (Factores de Emisión de los combustibles colombianos): http://www.upme.gov.co/calculadora_emisiones/aplicacion/calculadora.html

ANEXOS

A1. ACTIVIDADES PRODUCTIVAS CONSIDERADAS EN EL INVENTARIO

ACTIVIDAD PRODUCTIVA	DESCRIPCIÓN
AGRICULTURA Y GANADERÍA	Cultivos agrícolas y/o cría de animales.
AGROINDUSTRIA	Transformación de productos procedentes de la agricultura, la actividad forestal y la pesca; para elaborar materias primas y derivados del sector agrícola.
ALIMENTOS Y BEBIDAS	Elaboración de productos alimenticios y bebidas
ARTES GRÁFICAS, IMPRENTAS Y AFINES	Artes gráficas, imprentas, litografías
CAUCHO Y PLÁSTICO	Industrias del caucho y plástico
COMERCIO COMBUSTIBLES	Comercialización de combustible, lubricantes, aditivos
CREMATORIOS	Hornos de cremación, cementerios con ese servicio
GENERACIÓN DE ENERGÍA	Centrales termoeléctricas, hidroeléctricas.
HOSPITALES Y CLÍNICAS	Hospitales y clínicas
INDUSTRIA QUÍMICA Y FARMACÉUTICA	Fabricación de sustancias y productos químicos y/o farmacéuticos
MADERA Y DERIVADOS	Industrias de procesamiento de maderas Y Fabricación de muebles
MINERALES METÁLICOS	Fabricación de productos metalúrgicos básicos
MINERALES NO METÁLICOS	Fabricación de otros productos minerales no metálicos: cerámicas, vidrios, ladrillos, tejas de barro, etc
PAPEL Y CARTÓN	Fabricación de papel y cartón
PRODUCTOS METÁLICOS	Fabricación de maquinaria y equipo (incluye médico, óptico, de oficina, y eléctrico) y de productos elaborados de metal
SERVICIOS	Gimnasios, clubes sociales, SPA, Hoteles, moteles, apartahoteles, Lavanderías y tintorerías, etc
TEXTILES Y CONFECCIONES	Fabricación y acabado de productos textiles
OTROS	Otras industrias no incluidas en este listado

A2. TRANSPORTE Y COMERCIALIZACIÓN DE DERIVADOS LÍQUIDOS DEL PETRÓLEO¹²

El transporte y la comercialización de derivados líquidos del petróleo implican muchas operaciones distintas, cada una de las cuales representa una fuente potencial de pérdida por evaporación. Las emisiones de evaporación por la comercialización pueden considerarse, por tipo de almacenamiento y modo de transporte utilizado, en cuatro categorías:

1. Carros cisterna, camiones cisterna y embarcaciones marítimas: pérdidas de carga, tránsito y lastre;
2. Estaciones de servicio: pérdidas de combustible a granel y pérdidas respiratorias de tanques subterráneos;
3. Tanques de vehículos de motor: pérdidas de reabastecimiento;
4. Grandes tanques de almacenamiento: respiraciones, trabajo y pérdidas de almacenamiento permanentes.

En el numeral **5.2.2.2 Estaciones de servicio** se presenta la descripción de las EMISIONES EVAPORATIVAS (Emisiones de VOC's) DE LAS OPERACIONES DE LA ESTACIÓN DE SERVICIO DE GASOLINA.

1) *Operaciones de llenado de tanques subterráneos*

En este numeral se menciona que una fuente importante de emisiones por evaporación es el llenado de tanques de almacenamiento subterráneos de gasolina en las estaciones de servicio. La gasolina generalmente se entrega a las estaciones de servicio en camiones cisterna de 30,000 litros (8,000 galones) o camiones de cuentas más pequeñas. Las emisiones se generan cuando los vapores de gasolina en el tanque de almacenamiento subterráneo son desplazados a la atmósfera por la carga de la gasolina en el tanque. La cantidad de pérdida en el llenado del tanque de la estación de servicio depende de varias variables, incluyendo el método y la velocidad de llenado, la configuración del tanque y la temperatura de la gasolina, la presión de vapor y la composición. La tasa de emisión promedio para el llenado sumergido es de 880 mg / L (7.3 lb / 1000 galones) de gasolina transferida, y la tasa de llenado por salpicadura es de 1380 mg / L (11.5 lb / 1000 galones) de gasolina transferida.

¹² AP 42, Quinta edición Compilación de factores de emisiones de contaminantes del aire, Volumen 1: Punto estacionario y fuentes de área, Capítulo 5. Numeral 5.2.
<https://www3.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch05/final/c05s02.pdf>

Las emisiones de las operaciones de llenado de tanques subterráneos en estaciones de servicio pueden reducirse mediante el uso de un sistema de balance de vapor como el de la Figura 5.2-5 (denominado control de vapor en Etapa I). El sistema de balance de vapor emplea una manguera que devuelve los vapores de gasolina desplazados desde el tanque subterráneo a los compartimientos de carga del camión tanque que se vacían. La eficiencia de control del sistema de balance varía de 93 a 100 por ciento.

No se espera que las emisiones orgánicas de las operaciones de llenado de tanques subterráneos en una estación de servicio que emplea un sistema de balance de vapor y un llenado sumergido excedan los 40 mg / L (0.3 lb / 1000 galones) de gasolina transferida.

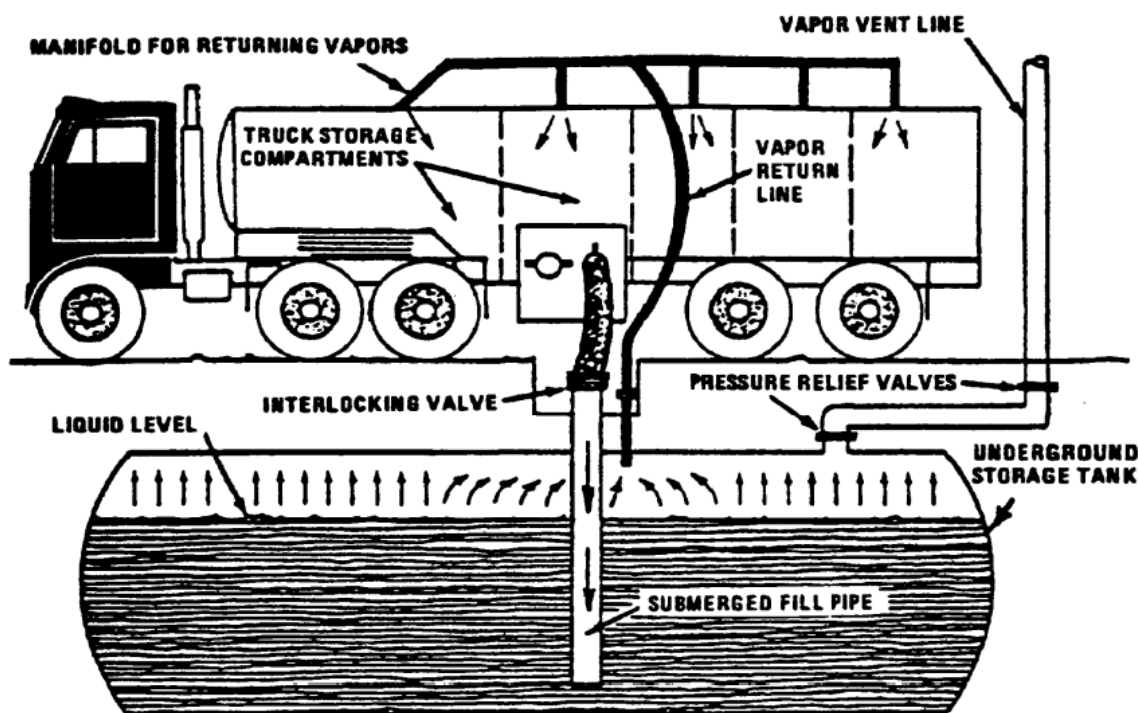


Figure 5.2-5. Tank truck unloading into a service station underground storage tank and practicing "vapor balance" form of emission control.

2) Respiración y vaciado del tanque de almacenamiento subterráneo.

Una segunda fuente de emisiones de vapor en las estaciones de servicio es la respiración de tanques subterráneos. Las pérdidas respiratorias ocurren diariamente y son atribuibles a la evaporación de la gasolina y los cambios de presión barométrica. La frecuencia con la que se retira la gasolina del tanque, lo que permite que ingrese aire fresco para mejorar la evaporación, también tiene un efecto importante en la cantidad de estas emisiones. Una

tasa de emisión de respiración promedio es de 120 mg / L (1.0 lb / 1000 galones) de rendimiento.

3) *Reabastecimiento de vehículos de motor*

La actividad de reabastecimiento de vehículos de la estación de servicio también produce emisiones evaporativas. Las emisiones de reabastecimiento de vehículos provienen de los vapores desplazados del tanque del automóvil por la gasolina dispensada y por el derrame. La cantidad de vapores desplazados depende de la temperatura de la gasolina, la temperatura del tanque del auto, la presión de vapor de Reid (RVP) de la gasolina y la tasa de dosificación. Se estima que las emisiones no controladas de los vapores desplazados durante el reabastecimiento de combustible del vehículo promedian 1320 mg / L (11.0 lb / 1000 galones) por gasolina dispensada.

4) *Desbordamiento del tubo de llenado del tanque de combustible del vehículo durante el llenado.*

La pérdida por derrames comprende el goteo de llenado previo y posterior de la boquilla y la descarga y rebosamiento del tubo de llenado del tanque de combustible del vehículo durante la venta. La cantidad de pérdida por derrame puede depender de varias variables, incluidas las características comerciales de la estación de servicio, la configuración del tanque y las técnicas del operador. Una pérdida promedio de derrames es de 80 mg / L (0.7 lb / 1000 galones) de gasolina dispensada.

Los métodos de control para las emisiones de reabastecimiento de combustible del vehículo se basan en el desplazamiento de los vapores del tanque de combustible del vehículo al espacio de vapor del tanque de almacenamiento subterráneo mediante el uso de una manguera y boquilla especial, como se muestra en la Figura 5.2-7 (denominada control de vapor en Etapa II). En los sistemas de control de vapor "equilibrado", los vapores se transportan mediante diferenciales de presión naturales establecidos durante el repostaje.

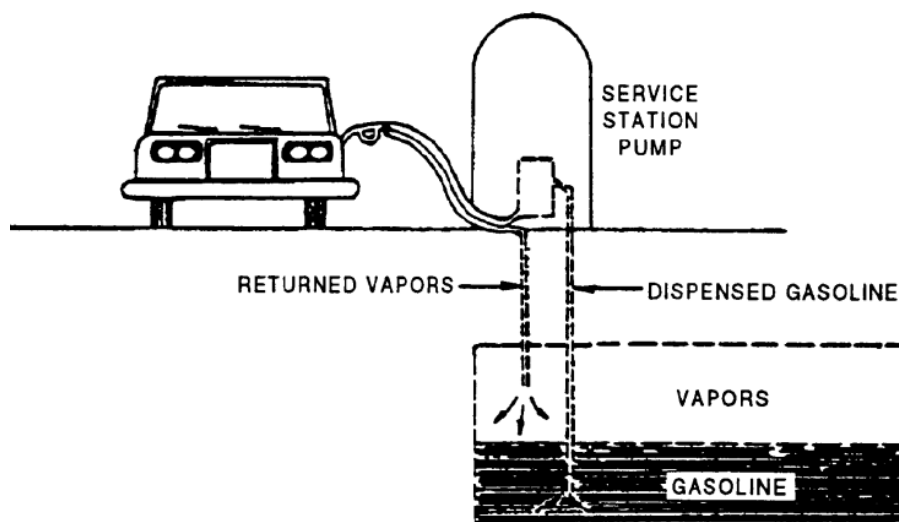


Figure 5.2-7. Automobile refueling vapor recovery system.

En los sistemas de "asistencia de vacío", el transporte de vapores del tanque de combustible automático al tanque de almacenamiento subterráneo es asistido por una bomba de vacío. Las pruebas en algunos sistemas han indicado que la eficiencia de los sistemas de control en general se encuentra en el rango de 88% a 92%. Al realizar un inventario de estas emisiones como fuente de área, también se deben tener en cuenta la penetración de las reglas y la efectividad de las reglas. Procedimientos para la preparación del inventario de emisiones, volumen IV: Fuentes móviles, EPA-450 / 4-81-026d, proporciona más detalles sobre esto.