

CUANTIFICACIÓN DE LAS EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO EN EL VALLE DE ABURRÁ

ALEJANDRA LOPERA GOMEZ

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniera Ambiental**

**Director:
Santiago Ortega Arango
Magister en Recursos Hidráulicos**



**UNIVERSIDAD EIA
INGENIERÍA AMBIENTAL
ENVIGADO
2016**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se realizó con la ayuda y colaboración de muchas personas, instituciones y entidades con las cuales estoy agradecida. Primero quisiera agradecerle a mis padres y a mis bebes que siempre estuvieron pendientes de todo este proceso de principio a fin, su motivación y ánimos fueron indispensables para poder llegar a este resultado. Gracias Yuli que me despertaba a estudiar todos los días a si no quisiera y a Hannah que se trasnocho conmigo estos últimos días.

A mi director Santiago Ortega Arango, por haberme apoyado en este proyecto y haberme aportado con todo su conocimiento cuando fue necesario. Junto a el esta su querido amigo “El Bolo” quien nos ayudó y resolvió muchas dudas en cuanto al sistema de transporte aéreo, Gracias Bolo!. Julián Aguirre Vélez, también merece estar en esta categoría, apporto dentro de mi proceso para entender el funcionamiento y manejo de los residuos en el Valle de Aburrá. También quiero agradecerle a Juan Manuel Gomez Sierra especialista en planeación de transporte, el fue quien permitió desarrollar y entender el sistema de tránsito en el Valle de Aburrá. Santiago Jaramillo, director de Ingeniera Ambiental en la Universidad EIA, me apoyo desde el comienzo con esta idea y gracias a el pude obtener mucha información de apoyo.

Todos los profesores que de alguna o otra forma aportaron en mi formación durante toda mi carrera, de cada uno aprendí muchas cosas y si no los hubiera conocido no seria quien soy hoy.

A todas las instituciones e identidades que me brindaron abiertamente su información: Empresas públicas de Medellín, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, El Metro, El SUI, el IDEAM, la Aeronáutica Civil, La Secretaria de Movilidad.

Gracias a todos!

CONTENIDO

pág.

1. PRELIMINARES.....	17
1.1 Planteamiento del problema	17
1.2 Objetivos del proyecto	20
1.2.1 Objetivo General	20
1.2.2 Objetivos Específicos	20
1.3 Antecedentes.....	20
1.4 Marco Teórico.....	22
1.4.1 El dióxido de carbono, CO ₂	22
1.4.2 Emisiones de CO ₂ a escala global, regional y nacional.....	24
■ <i>Emisiones de CO₂ en Colombia</i>	25
1.4.3 Metodologías para calcular las emisiones de CO ₂	26
2. SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA	28
3. GLOBAL PROTOCOL FOR COMMUNITY-SCALE GREENHOUSE GAS EMISSION INVENTORIES (GPC): ESTANDAR PARA INVENTARIO Y REPORTE PARA LAS CIUDADES.....	31
3.1 Parte 1: introducción y requerimientos	31
3.1.1 Introducción	31
3.1.2 Principios y Requerimientos para la generación de inventarios de GEI en la escala de ciudad.	32
3.1.3 Identificación del Límite del inventario.....	34
3.1.4 Requisitos para realizar el informe	37
3.2 PARTE 2: Guías para el cálculo de emisiones por fuente y recolección de datos e información necesaria.....	39
3.2.1 Descripción General para calcular las emisiones de GEI.....	39

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

3.2.2	Energía Estacionaria.	42
3.2.3	Transporte	47
3.2.4	Desperdicios	53
3.2.5	Procesos Industriales y Uso de productos (IPPU).....	60
3.2.6	Agricultura, Silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU)	60
3.3	PARTE 3: CREACIÓN DE METAS Y MONITOREO DE LOS GEI	61
3.3.1	Establecimiento de metas y estrategias de monitoreo de los GEI	61
3.3.2	Calidad del inventario y verificación	61
4.	DESARROLLO DEL INVENTARIO Y REPORTE DE EMISIONES DE CO ₂ EQ GENERADAS EN EL VALLE DE ABURRÁ PARA EL 2015	62
4.1	Descripción del límite del inventario.	62
4.1.1	Descripción del límite geográfico	62
4.1.2	Estado de actividades realizadas dentro del límite geográfico	63
4.1.3	Exclusiones realizadas	63
4.1.4	Estudios anteriores realizados en el área de estudio	65
4.1.5	Definición del alcance del reporte.....	69
4.1.6	Descripción del área de estudio	73
4.2	METODOLOGÍAS SELECCIONADAS E INFORMACIÓN NECESARIA POR SECTORES EMISORES	75
4.3	Recolección de datos e información.....	76
4.3.1	Estudio de la población.....	76
4.3.2	ENERGÍA ESTACIONARIA.....	78
4.3.3	TRANSPORTE	86
4.3.4	RESIDUOS	89
4.4	Cálculo de emisiones de gei para el Valle de Aburrá para el 2015.....	94

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

4.4.1	Factores de emisión y factores de potencial de calentamiento global.....	94
4.4.2	Resumen de las emisiones generadas en el Valle de Aburrá durante el 2015.	95
4.4.3	Emisiones: Energía Estacionaria	97
4.4.4	Emisiones: Transporte	97
4.4.5	Emisiones: Residuos	97
4.4.6	Emisiones por contaminante	98
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	100
6.	CONCLUSIONES.....	106
	BIBLIOGRAFÍA	109
	ANEXO 1: ESTADO DE LAS ACTIVIDADES EMISORAS EN EL VALLE DE ABURRÁ.	119
	ANEXO 2: DATOS EXTRA DE LAS ACTIVIDADES GENERADORAS DE EMISIONES EN EL VALLE DE ABURRÁ DURANTE EL 2015	129

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Uso de Notaciones Clave	34
Tabla 2. Categorías para clasificar la información de la actividad	42
Tabla 3. Variables para el cálculo de L0	55
Tabla 4. Variables para calcular las emisiones según el modelo FOD	56
Tabla 5. Variables para calcular las emisiones directas de los tratamientos biológicos de residuos	57
Tabla 6. Variables para calcular las emisiones directas de la incineración de residuos	57
Tabla 7. Variables para calcular las emisiones de metano directas de la incineración de residuos	58
Tabla 8. Variables para calcular las emisiones de N ₂ O directas de la incineración de residuos	58
Tabla 9. Variables para calcular la composición orgánica total de las aguas residuales domésticas	59
Tabla 10. Variables para calcular el factor de emisión para las aguas residuales domésticas.	59
Tabla 11. Variables para calcular las emisiones de metano del tratamiento de aguas residuales	59
Tabla 12. Variables para calcular las emisiones indirectas de N ₂ O del tratamiento de aguas residuales	60
Tabla 13. Emisiones totales de GEI por tipo de gas, para el 2009 y 2011. Fuente de Información: (Área Metropolitana Valle de Aburrá, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad Nacional de Colombia , 2016)	65
Tabla 14. Emisiones totales de GEI por tipo de emisor, para el 2009 y 2011. Fuente de Información: (Área Metropolitana Valle de Aburrá, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad Nacional de Colombia , 2016)	65
Tabla 15. Emisiones de Contaminantes Atmosféricos por fuentes móviles en el Valle de Aburrá para el 2013. Obtenidos de (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2015)	66
Tabla 16. Clasificación de Industrias generadoras de emisiones según el AMVA y la UPB, para el 2014 (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2015)	68
Tabla 17. Distribución de emisiones por fuentes fijas de acuerdo a la actividad productiva, para el Valle de Aburrá durante el 2014. Tomado de (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2015)	68
Tabla 18. Resumen del alcance y actividades generadoras de emisiones en el Valle de Aburrá, de acuerdo a la calidad de la información encontrada.	73
Tabla 19. Proyecciones de la Población para el 2015 (DANE, 2005)	73
Tabla 20. Información del territorio analizado en el inventario	75

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Tabla 21. Metodologías aplicadas en el inventarios de emisiones de GEI en el Valle de Aburrá en el 2015.....	76
Tabla 22. Estimación y registros estadísticos del DANE, sobre la población de los municipios del Valle de Aburrá a partir de 1951 al 2015.....	78
Tabla 23. Consumo total de Gas Natural a nivel residencial durante el 2015 en el Valle de Aburrá, categorizado por estratos socioeconómicos. Información tomada del SUI. (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016)	79
Tabla 24. Valor densidades del GLP producido en Colombia, 2012. Fuente (Unidad de planeación minero energética - UPME, 2013) (Tóth, 2016) (Wikipedia, 2016) (Wikipedia, 2016) (MIT, 2015) (ATR DC, 2014).....	79
Tabla 25. Consumo de GLP a nivel residencial para el 2015 (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016)	80
Tabla 26. Consumo total de Energía eléctrica a nivel residencial durante el 2015 en el Valle de Aburrá, categorizado por estratos socioeconómicos. Información tomada del SUI. (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016)	81
Tabla 27. Consumo de GLP a nivel comercial, institucional y oficial para el 2015 (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016)	82
Tabla 28. Consumo total de energía eléctrica a nivel comercial, institucional y oficial durante en el 2015, por cada categoría. Información tomada del SUI. (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016).	83
Tabla 29. Clasificación de Industrias generadoras de emisiones según el AMVA y la UPB, para el 2014 (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2015).....	84
Tabla 30. Comparación y relación entre las sub-categorías presentadas por el GPC y las presentadas por el AMVA y la UPB.	85
Tabla 31. Consumos de combustibles fósiles para el sector manufacturero. (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2015)	85
Tabla 32. Consumo total de energía eléctrica a nivel industrial durante en el 2015, por cada categoría. Información tomada del SUI. (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016).	86
Tabla 33. Venta de combustibles para los municipios del Valle de Aburrá durante el 2015. Fuente:	87
Tabla 34. Pérdidas del consumo total de Energía eléctrica en el sistema metrol durante el 2015 del Valle de Aburrá.....	88
Tabla 35. Factores de consumos de combustible por hora bloque para diferentes categorías de aeronaves, información tomada de (MIT, 2015) (Young-Brown, 2015).	89
Tabla 36. Consumo de galones por aeronaves salientes de los aeropuertos que sirven al Valle de Aburrá, durante el 2015, Información tomada de (Aeronáutica Civil, 2015).....	89

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Tabla 37. Registro de los residuos sólidos dispuestos en los rellenos sanitarios que atiende a los municipios del Valle de Aburrá. Información tomada de (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016)	90
Tabla 38. Caracterización de los residuos sólidos dispuestos en los rellenos sanitarios que operan para los municipios del Valle de Aburrá, realizada en el 2014. Información tomadad de (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016)	91
Tabla 39. Generación y gestión de residuos peligrosos en el Valle de Aburrá (IDEAM, 2016).	92
Tabla 40. Generación y tratamiento de Aguas Residuales durante el 2015 en el Valle de Aburrá, Información tomada de (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016) (Empresas Públicas de Medellín, 2016)	93
Tabla 41. Factores de Emisión para la estimación de emisiones de GEI en el Valle de Aburrá en el 2015.....	95
Tabla 42. Factores del potencial calentamiento globacion de los GEI. Información tomada de (IPCC, 2013).	95
Tabla 43. Resumen emisiones en el Valle de Aburrá durante el 2015, para alcance básico segun las directrices del GPC	96
Tabla 44. Consumo de Gas Natural a nivel residencial durante en el 2015, en todos los municipios del Valle de Aburrá. Información tomada del SUI. (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016)	129
Tabla 45. Consumo total de Gas Natural a nivel residencial durante el 2015 en el Valle de Aburrá, categorizado por estratos socioeconómicos. Información tomada del SUI. (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016)	129
Tabla 46. Consumo de GLP a nivel resindecial para el 2015 (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016)	130
Tabla 47. Consumo de Energía Eléctrica a nivel residencial durante en el 2015, en todos los municipios del Valle de Aburrá. Información tomada del SUI. (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016)	130
Tabla 48. Pérdidas del consumo total de Energía eléctrica a nivel residencial durante el 2015 en cada municipio del Valle de Aburrá, (Empresas Públicas de Medellín, 2016)	131
Tabla 49. Consumo de energía eléctrica a nivel comercial, institucional y oficial durante en el 2015, en todos los municipios del Valle de Aburrá. Información tomada del SUI. (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016)	131
Tabla 50. Pérdidas del consumo total de Energía eléctrica a nivel comercial, institucional y oficial durante el 2015 en cada municipio del Valle de Aburrá, (Empresas Públicas de Medellín, 2016)	131

Tabla 51. Consumos de combustibles fósiles para el sector manufacturero. (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2015)	132
Tabla 52. Consumo de energía eléctrica a nivel industrial durante en el 2015, en todos los municipios del Valle de Aburrá. Información tomada del SUI. (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016)	132
Tabla 53. Pérdidas del consumo total de Energía eléctrica a nivel industrial durante el 2015 en cada municipio del Valle de Aburrá, (Empresas Públicas de Medellín, 2016)	133
Tabla 54. Venta de combustibles para los municipios del Valle de Aburrá durante el 2015. (Ministerio de Minas y Energías, 2016).....	133
Tabla 55. Pérdidas del consumo total de Energía eléctrica a nivel residencial durante el 2015 en cada municipio del Valle de Aburrá, (Empresas Públicas de Medellín, 2016)	133
Tabla 56. Registro de los residuos sólidos dispuestos en los rellenos sanitarios que atiende a los municipios del Valle de Aburrá. Información tomada del SUI. (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016)	134
Tabla 57. Caracterización de los residuos sólidos dispuestos en los rellenos sanitarios que operan para los municipios del Valle de Aburrá, realizada en el 2014. (FUENTE SUI).....	134
Tabla 58. Generación y gestión de residuos peligrosos en el Valle de Aburrá (IDEAM, 2016).	134
Tabla 59. Generación de aguas residuales domésticas e industriales en el Valle de Aburrá durante el 2015, Información tomada del SUI. (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016)	135

pág.

LISTA DE FIGURAS

pág.

Ilustración 1. Emisiones de CO ₂ globales de origen antrópico desde el año 1850 al 2000 (IPCC, 2014)	18	
Ilustración 2. CO ₂ atmosférico en ppm, medido desde 1958 hasta la fecha por la NOAA en el Mauna Loa Observatory, Hawaii (Dlugokencky & Tans, 2016). .	23	
Ilustración 3. Registros recientes del CO ₂ global, publicados por la NOAA (Dlugokencky & Tans, NOAA, 2016).....	23	EI
Ilustración 4. Participación de las emisiones por categoría principal respecto al resultado total, años 1990, 1994, 2000, 2004, 2010 y 2012. Gráfica tomada del primer informe bienal de actualización de Colombia ante la CMNUCC. (IDEAM; PNUD; MADS; DNP; CANCELLERÍA, 2015)	26	
Ilustración 5. Resumen de los estándares existentes para el cálculo y reporte de emisiones GEI (World Resources Institute; C40 Cities Climate Leadership Group; ICLEI - Local Governments for Sustainability, 2014)	28	EI
Ilustración 6. Principios para el inventario de GEI que una ciudad debe seguir bajo el protocolo GPC (World Resources Institute; C40 Cities Climate Leadership Group; ICLEI - Local Governments for Sustainability, 2014).	33	EI
Ilustración 7. Sector principal: Energía Estacionaria y sus Sub-Sectores (World Resources Institute; C40 Cities Climate Leadership Group; ICLEI - Local Governments for Sustainability, 2014)	35	EI
Ilustración 8. Sectores principales Transporte y Residuos, y sus Sub-Sectores correspondientes (World Resources Institute; C40 Cities Climate Leadership Group; ICLEI - Local Governments for Sustainability, 2014).	35	EI
Ilustración 9. Sectores principales de IPPU y AFOLU, y sus Sub-Sectores correspondientes (World Resources Institute; C40 Cities Climate Leadership Group; ICLEI - Local Governments for Sustainability, 2014).	35	EI
Ilustración 10. Categorización de las emisiones por Alcance (World Resources Institute; C40 Cities Climate Leadership Group; ICLEI - Local Governments for Sustainability, 2014).....	36	EI
Ilustración 11. Alcance de las Emisiones de Energía Estacionaria (EEE)	42	EI
Ilustración 12. Medios de transporte considerados por el GPC	48	EI
Ilustración 13. Alcance de las Emisiones del transporte (ET)	48	EI
Ilustración 14. Alcance de las Emisiones de los Desechos (ED)	53	EI
Ilustración 15. Área Metropolitana del Valle de Aburrá (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2013).....	62	EI
Ilustración 16. Emisiones desde el 2008 al 2012 de cada proceso y actividad realizada por EPM. Información tomada de: (Empresas Públicas de Medellín, 2014)	63	EI

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Ilustración 17. Clasificación del suelo Área Metropolitana del Valle de Aburrá, tomado del atlas del AMVA (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2010).	75	EI
Ilustración 18. Tendencia del comportamiento de la población de los municipios del Valle de Aburrá, según los registros del DANE a partir 1985. (DANE, 2005).	77	EI
Ilustración 19. Porcentaje de contribución de cada Sub-Sector generador de emisiones durante el 2015 en el Valle de Aburrá.	96	EI
Ilustración 20. Emisiones generadas en el sector Energía Estacionaria en el Valle de Aburrá durante el 2015	97	EI
Ilustración 21. Emisiones generadas en el sector Transporte en el Valle de Aburrá durante el 2015	97	EI
Ilustración 22. Emisiones generadas en el sector Residuos en el Valle de Aburrá durante el 2015	97	EI
Ilustración 23. Emisiones per-cápita reportadas en el 2016 en ciudades Suramericanas. Información tomada de (CDP - Driving Sustainable Economies, 2016)	100	EI
Ilustración 24. Emisiones per-cápita reportadas en el 2016 coloreadas por región. Información tomada de (CDP - Driving Sustainable Economies, 2016)	102	EI
Ilustración 25. Comportamiento de las emisiones per-cápita / año, en relación a la densidad urbana	104	EI
Ilustración 26. Rutas Nacionales del Aeropuerto de Medellín Olaya Herrera. (AirPlan: operadora de aeropuertos centro norte, 2016)	125	EI
Ilustración 27. Rutas Nacionales del Aeropuerto de Rionegro José María Córdova (AirPlan: operadora de aeropuertos centro norte, 2016).	125	
Ilustración 28. Rutas Internacionales del Aeropuerto de Rionegro José María Córdova (AirPlan: operadora de aeropuertos centro norte, 2016).	126	EI

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Estimación de emisiones de GEI mediante el factor de emisión.....	40	EI
Ecuación 2. Metodología para escalar la información.....	40	EI
Ecuación 3. Cálculo de emisiones provenientes de la energía estacionaria	43	EI
Ecuación 4. Cálculo de las pérdidas de energía	47	EI
Ecuación 5. Cálculo de las emisiones generadas por las pérdidas de la red	47	EI
Ecuación 6. Emisiones según el Top-Down análisis	49	EI
Ecuación 7. Emisiones según el Bottom-Up análisis	49	EI
Ecuación 8. Contenido de carbón orgánico degradable	54	EI
Ecuación 9. Potencial de generación de metano	54	EI
Ecuación 10. Modelo de estimación de emisiones de descomposición de primer orden de los residuos enviados a rellenos sanitarios (FOD).	55	EI
Ecuación 11. Estimación de emisiones mediante el modelo del compromiso de metano	56	EI
Ecuación 12. Emisiones directas de CH ₄ producidas por tratamientos biológicos	56	EI
Ecuación 13. Emisiones directas de N ₂ O producidas por tratamientos biológicos	56	EI
Ecuación 14. Emisiones de CO ₂ no-boigenico de la incineración de residuos.	57	EI
Ecuación 15. Emisiones de metano de la incineración de residuos.	58	EI
Ecuación 16. Emisiones de N ₂ O de la incineración de residuos.....	58	EI
Ecuación 17. Composición orgánica total de las aguas residuales domésticas	59	EI
Ecuación 18. Factor de emisión para cada tipo de tratamiento	59	EI
Ecuación 19. Emisiones de Metano del tratamiento de aguas residuales	59	EI
Ecuación 20. Emisiones indirectas de N ₂ O del tratamiento de aguas residuales .	60	EI
Ecuación 21. Ecuación de la regresión sobre la población de los municipio del Valle de Aburrá, con el respectivo valor de R.	77	EI
Ecuación 22. Ecuación para el Factor de pérdidas de la red eléctrica	81	EI
Ecuación 23. Factor de pérdida del suministro de energía eléctrica en el Valle de Aburrá para el 2015	81	EI
Ecuación 24. Estimación de generación de residuos per-cápita.....	91	EI

pág.

RESUMEN

El calentamiento global es un fenómeno climático mundial que en la actualidad tiene efectos directos en todos los ecosistemas, por lo cual resulta pertinente determinar y fomentar las buenas prácticas para mitigar sus efectos. El mayor contribuyente a este fenómeno son las emisiones de CO₂, el cual desde la revolución industrial ha incrementado sus concentraciones en la atmósfera, debido a las actividades antrópicas relacionadas con la quema y uso de combustibles fósiles. Además de ser el mayor contribuyente, el CO₂ se considera el contaminante de referencia, es decir, que todas las emisiones de gases efecto invernadero se miden en equivalencias de CO₂ para facilitar los análisis. Dadas estas razones cada país, región y territorio debe comprometerse a cuantificar y determinar la cantidad de gases efecto invernadero (CO₂ en este caso) que esté generando, para poder tomar acciones concretas de mitigación sobre estas emisiones, y así contribuir a la disminución de los efectos del cambio climático.

Este trabajo pretende dar el primer paso necesario para poder establecer dichas estrategias, mediante la implementación de alguna de las metodologías, directrices o estándares ya establecidos a nivel mundial, que permita estimar las emisiones de CO₂ en el Valle de Aburrá y compararlas con las emisiones de otras ciudades y establecer el aporte sus emisiones a nivel nacional y mundial.

Este trabajo se basa entonces en la metodología “Global protocol for community-scale greenhouse gas emission inventories (GPC)” y pretende realizar un primer acercamiento para aplicar esta metodología en el Área Metropolitana de Valle de Aburrá. Según los cálculos realizados se estimó que en el Valle de Aburrá se emitió un total de 8'314.252,84 toneladas de CO₂ equivalente durante el 2015, ubicandose por encima de las emisiones estimadas en Bogotá y Cali. El sector que más emisiones contribuyó en el 2015 fue el de las industrias manufactureras con un 36% de participación, seguido del transporte terrestre con un 30%. El sector comercial, institucional e identidades públicas aportan el 10% de las emisiones, y los consumos a nivel residencial equivalen al 9%. Las emisiones por transporte aéreo y la disposición final de residuos sólidos aportan igualmente 7% de las emisiones, y los demás sub-sectores aportan aproximadamente valores de 0%. Debe tenerse en cuenta que este inventario solo cuantificó las emisiones provenientes de 3 grandes sectores: Energía Estacionaria, Transporte y Residuos; los otros dos grandes productores no fueron estimados por que no hacen parte del alcance de este reporte.

Palabras clave: Emisiones CO₂, Valle de Aburrá, Gases efecto invernadero, GPC, Colombia

ABSTRACT

The global warming and the climate change are worldwide phenomena that have direct impacts in all earth systems, this is why it becomes relevant to establish and encourage good practices to mitigate their effects. One of the major problems related to the global warming are the emissions of the Greenhouse gases, which concentrations in the atmosphere have been raising since the industrial revolution, due to the burning of fossil fuels during different anthropic activities. Of all the GHG, the most relevant is the CO₂, because it is considered as the reference gas, what / which means that the emissions of the other gases are measured in CO₂ equivalences to make easier to understand and compare the results. Because all the things said before, each country, region and territory should encourage the quantification of the GHG emissions emitted in their jurisdiction, with the purpose to take action over this emissions and focus on their reduction to reduce the effects of the climate change.

This Work encourage the first steps to the quantification of the GHG emissions by the implementation of international methodologies, standards or strategies, for the territory of the Aburrá Valley, and compare this with the emissions generated in other cities to determine the amount of emissions generated in a national and global scale. This inventory is based on the "Global protocol for Community-Scale greenhouse gas emission inventories (GPC)" methodology and its applied in the Metropolitan Area of the Aburrá Valley. The total emissions of the territory was estimated in 8'314.252,84 tones of CO₂ eq during 2015, this result is the higher of the three cities that had made this inventory: Bogotá and Cali. Also the sector with the higher emissions percentage was the industry with 36%, followed by the on-road transportation with 30%. The commercial buildings and public institutions emitted 10% of the total emissions and the residential buildings around 9%. The emissions associated with air transport and the final disposal of solid waste were 7% to each sector, and the others are close to 0% of the total emissions. It's necessary to clarify that this inventory only quantify the emissions from the stationary energy, transport and waste.

Key words: CO₂ emissions, Greenhouse Gases, Aburra Valley, Colombia, GPC

INTRODUCCIÓN

Para poder establecer metas y estrategias para la mitigación del cambio climático, debe primero establecerse cuales son esas actividades antrópicas que impulsan el desarrollo de este fenómeno. El Área Metropolitana del Valle de Aburrá es una de las zonas con mayor influencia económica y urbana de Colombia, por lo cual es necesario realizar el inventario de GEI, para poder empezar a promover actividades directas que disminuyan estas emisiones y poder alcanzar las metas establecidas a nivel nacional de disminuir el 30,2% de las emisiones reportadas en el INDC (la contribución prevista y nacionalmente determinada de Colombia). Además resulta necesario que todas las ciudades empiecen a usar un mismo estandar para calcular sus emisiones de GEI, con el fin poder realizar comparaciones, tener los mismo referentes y poder ir formando inventarios de mayor alcance por medio del agrupamiento de varios inventarios.

En el capítulo 1 encontrará el estado del arte referente a la problemática del CO₂ en la atmósfera a nivel mundial, nacional y local, y sobre fenómeno del calentamiento global. En el capítulo 3 se encuentra un resumen de la metodología aplicada, los datos necesarios, las directrices y ecuaciones que serán aplicadas según el alcance del inventario que es básico. En el capítulo 4 se desarrolla el inventario desde la recolección de la información para cada sector emisor, para luego poder aplicar la metodología y estimar las emisiones de CO₂ equivalente que se emitieron en el Valle de Aburrá durante el 2015 por la energía estacionaria, el transporte y los residuos. Finalmente se analizan los resultados respecto a diferentes ciudades de la misma región y luego a nivel mundial, con finl de entender el alcance que tiene el Valle de Aburrá dentro del calentamiento global. Además se determinan los sectores donde se podrian establecer metas a corto y largo plazo para empezar a disminuir las emisiones que se generan en el Valle de Aburrá.

1. PRELIMINARES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La influencia de las actividades humanas sobre el sistema climático es directa, pues en los últimos años las emisiones de gases efecto invernadero provenientes de las actividades antropogénicas han sido las más altas en la historia, y al mismo tiempo, los registros indican que el periodo de 30 años entre 1983 y 2012 ha sido el más caliente en los últimos 1.400 años el hemisferio norte. Además se ha establecido que la influencia antrópica ha sido la causa más probable de la pérdida de hielo en el Ártico desde 1979 (IPCC, 2014).

Según los registros presentados por el NOAA Earth System Research Laboratory en el 2012 se encontró una concentración de 392,48 ppm; valor que ha aumentado y se ha registrado en 399,47 ppm de CO₂ en la atmósfera (Dlugokencky & Tans, Trends in Atmospheric Carbon Dioxide, 2016). Las emisiones de CO₂ provenientes de la combustión de combustibles fósiles y de procesos industriales, contribuyen aproximadamente al 78% del aumento de los gases efecto invernadero entre el año 1970 y el 2010 [Ilustración 1. Emisiones de CO₂ globales de origen antrópico desde el año 1850 al 2000 \(IPCC, 2014\)](#).

Las principales causas del incremento de CO₂ en la atmósfera es el crecimiento económico y el de la poblacional mundial, debido a las actividades asociadas a estos fenómenos (IPCC, 2014) junto con el ciclo natural del mismo se estimado que su concentración ha aumentando en un 40% desde el periodo preindustrial. Desde la revolución industrial las diferentes actividades antrópicas han contribuido de manera substancial al cambio climático por la emisión de CO₂ y otros gases que atrapan calor a la atmósfera. Estas emisiones de Gases Efecto Invernadero (GEI) causan aumentos en la temepartura terrestr. La principal actividad que contribuye a la emisión de este tipo de gases y a su vez al cambio climático es la quema de combustibles fósiles (EPA, US Environmental Protection Agency, 2016). Debido a esto las concentraciones de CO₂ o CO₂ equivalente estan realcionadas directamente con el efecto invernadero y el cambio climático.

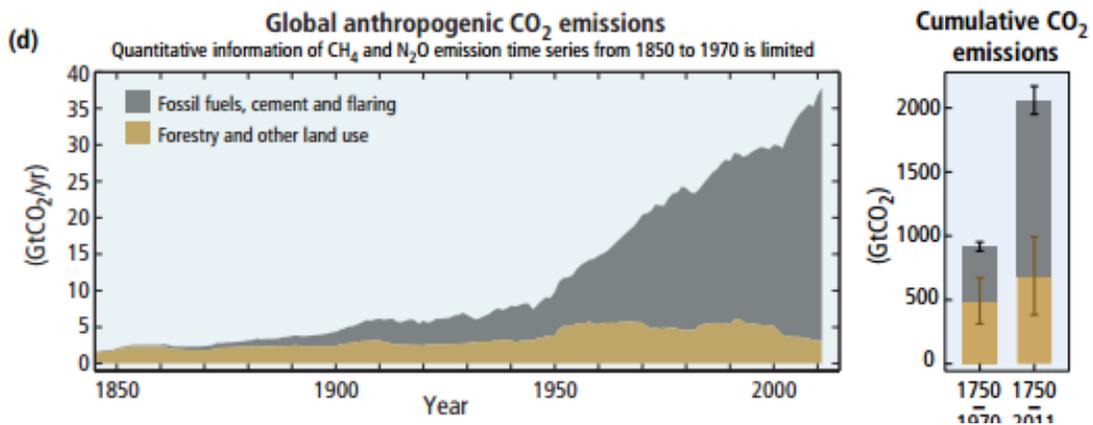


Ilustración 1. Emisiones de CO₂ globales de origen antrópico desde el año 1850 al 2000 (IPCC, 2014)

La población mundial para el 2015 fue de 7.300 millones de personas y se estima para el 2050 una población mundial de 9.800 millones (Population Reference Bureau, 2015). En el 2008 por primera vez más de la mitad de la población humana se radicó en zonas urbanas y para el 2030 se estima que habrán casi 5.000 millones de personas concentradas en las ciudades (UNFPA, 2007). Estas grandes concentraciones urbanas son el principal generador de los gases efecto invernadero, en especial del CO₂ (Lomas, 2010) pues son responsables del 67% de la demanda energética mundial y se espera que crezca a un 73% para el 2030 (International Energy Agency (IEA), 2008; IPCC, 2014).

Eliperin (2007, citada en (Sovacool & Brown, 2009)) estableció que las ciudades son responsables del 80% de las emisiones totales de los gases efecto invernadero (Sovacool & Brown, 2009). En el resumen ejecutivo presentando por la IPCC en el 2014 se observa el aporte de gases efecto invernadero de cada sector económico y se tiene que el sector energético emite un 24%, la silvicultura y otros usos del suelo el 24%, los edificios comerciales y residenciales un 6,4%, el transporte el 14%, la industria 21% y otras actividades el 9,6% (IPCC, 2014). Claramente las áreas urbanas son grandes promotoras del calentamiento global y se convierten en un factor clave de estudio con el fin de disminuir los efectos del calentamiento global (Yajie, Beicheng, & Weidong, 2014).

Según los datos de Banco Mundial (2016), el territorio de Norteamérica es el mayor emisor de CO₂ equivalente per-cápita un valor promedio de 16,1 ton CO₂ por persona, seguido de Europa y Asia Central con un valor de 7,27 ton CO₂ por persona; en quinto lugar esta América Latina y el Caribe con 3,04 ton CO₂ por persona para el mismo año (Banco Mundial, 2016).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

El territorio colombiano se ha caracterizado por un fenómeno de gran crecimiento urbano a partir de la segunda mitad del Siglo XX, debido a la movilización masiva de habitantes del campo hacia la ciudad por varias razones como: la intensificación del conflicto armado, el ajuste estructural del país y al empobrecimiento del sector agrícola, ganadero y minero (Sanchez, 2008). Haciendo un análisis paralelo del estado de la población en Colombia, se registra que para el 2011 el 52% de la población se encontraba viviendo en zonas urbanas y este porcentaje siguió aumentando hasta alcanzar un valor de 53,8% en el 2015 (Banco Mundial, 2016). Además de lo ya mencionado, cabe resaltar que la economía del país en general depende de las condiciones climáticas debido a la gran conexión que tiene con el aprovechamiento de los recursos naturales, convirtiéndose en un país vulnerable a fenómenos climáticos como lo es el calentamiento global, fenómeno que se estima podría causarle pérdidas al país entre 3,6 y 3,7 veces el valor del PIB del 2010 (Gobierno de Colombia, 2015).

En Colombia, la segunda aglomeración urbana de mayor importancia es el Valle de Aburrá, debido a su extensión y su economía que aporta el 14% del PIB nacional (Alcaldía de Medellín; Área Metropolitana Valle de Aburrá, 2011). Lo anterior ha propiciado un proceso acelerado de urbanización (Gutierrez, 2009); según el plan BIO 2030, para el año 2030 el Valle de Aburrá albergará 4'389.586 de personas de las cuales el 90% estarán en zonas urbanas, ubicándose en el grupo de áreas Metropolitanas de tamaño medio en América Latina (Alcaldía de Medellín; Área Metropolitana Valle de Aburrá, 2011). El Valle de Aburrá puede considerarse como uno de los territorios más avanzados en cuanto a temas relacionados con contaminantes atmosféricos, pues desde el año 1998 se firmó el programa de protección de calidad del aire con el fin de disminuir ciertos contaminantes atmosféricos que afectan directamente la salud pública como el material particulado, los compuestos orgánicos volátiles, el CO, etc. (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2011);

Sin embargo el CO₂ no se incluye como un contaminante que afecte la calidad del aire dentro de la norma colombiana (Resolución 610; 2010), por lo cual no se tiene una estimación apropiada de la emisión de este contaminante dentro del territorio. Por estas razones cuantificar las emisiones de los CO₂ a nivel local se convierte en un elemento clave para poder identificar oportunidades y proponer soluciones y políticas concretas que busquen mitigar el cambio climático y evitar en un futuro grandes pérdidas económicas para el país.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.2.1 Objetivo General

Cuantificar las emisiones potenciales directas e indirectas de CO₂ generadas en el territorio del Valle de Aburrá como un indicador para la ciudad.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar una metodología apropiada para calcular las emisiones de CO₂ y que sea aplicable para el caso de una ciudad Latinoamericana.
- Recolectar la información necesaria para aplicar la metodología escogida
- Estimar las emisiones potenciales directas e indirectas de CO₂ en el Valle de Aburrá.
- Analizar los resultados obtenidos con respecto a otras ciudades que hayan calculado el mismo indicador.

1.3 ANTECEDENTES

El trabajo realizado por Brow et al. (2008, citado en (Sovacool & Brown, 2009)) investiga las huellas de carbono para las 100 áreas Metropolitanas más grandes de los Estados Unidos, y aunque concluye que las áreas Metropolitanas son más eficientes en cuanto a sus emisiones de carbono que la nación, también afirma que las emisiones per cápita pueden variar mucho dependiendo de la zona de estudio.

Mirando el continente asiático, en el 2007 se realizó un estudio con el fin de reportar el caso de cinco ciudades en vía de desarrollo con un desarrollo económico similar, con el fin del entender tanto los inventarios de emisiones, como el contexto político y social de cada una. Se calcularon las emisiones de CO₂, CH₄ y humo negro para las ciudades de Delhi, Jankarta y Manila, y los centros regionales Chiang Mai y Ho Chi Minh, por medio de información ya disponible y publicada por otros autores. Sin embargo, la cuantificación de los flujos de carbono se calcularon por medio del método estandarizado por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), para estimar las emisiones relacionadas a la producción y consumo de energía (Lebel, et al., 2007). Además de lo anterior, el estudio organiza el inventario de emisiones alrededor del contexto de cada ciudad basándose en: las funciones urbanas (movilidad, vivienda, alimentación y la calidad de vida), la forma de cada una de las ciudades (densidad, extensión, topografía, conectividad, usos del suelo y las fronteras), y las actividades de cada una (servicios, educación, planeación, administración y la industria) (Lebel, et al., 2007).

Otro análisis que debe ser mencionado es el realizado por Sovacool y Benjamin (2009), el cual efectuó un análisis detallado sobre las emisiones de 12 áreas Metropolitanas calculadas anteriormente por otros autores. Aunque en este análisis

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

no se realizaron cálculos como tal, el estudio resulta pertinente para tener un punto de comparación a nivel global. De las 12 áreas analizadas Delhi, Manila, Sao Pablo y Beijín tienen la menor cantidad de emisiones, comparado con las de mayor emisión que son Tokio, Ciudad de México y Singapur (Sovacool & Brown, 2009). Cabe anotar que estos resultados están en emisiones de CO₂ per cápita, es decir que están relacionadas con la cantidad de habitantes en cada área.

La ciudad de Rio de Janeiro desde hace algunos años viene realizando su inventario de emisiones efecto invernadero con el fin de ir mejorando el plan de acción para reducir las emisiones. Para el año 2012 el inventario de emisiones realizado por el gobierno de Rio de Janeiro fue el primero en usar el nuevo estándar global de inventario de emisiones establecido por el WRI, el Banco Mundial, C40 y ICLEI. Los puntos clave del inventario de emisiones consiste en cuatro grupos de actividades que se consideran potenciales generadoras de gases efecto invernadero: el sector eléctrico, los procesos industriales y el uso de productos, la agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra, y los desechos generados. En el consolidado de resultados se tiene que el sector energético es responsable del 79% de las emisiones, de las cuales el 30% provienen del sector de transporte. Luego se ubica el sector industrial con un 11% de las emisiones, la agricultura con un 10% y los desperdicios representa casi el 0% del total de emisiones (Centro Clima; COPPE; UFRJ, 2012).

En el contexto Nacional el crecimiento anual de las emisiones de GEI entre el año 1990 y el 2010 fue de 1,54%, y se espera que esta siga aumentando hasta el 2050 en una tasa de 1,69% con respecto al 2010. Lo anterior indica que durante el 2010 se emitieron 223,97 Mton CO₂ eq, y se espera para el 2050 emitir un total de 438,68 Mton CO₂ eq en el territorio Colombiano. Los posibles escenarios para la mitigación inician en Colombia con 89 medidas no excluyentes que buscan un alcanzar un escenario de máxima mitigación donde se desvien el 30,2% de las emisiones esperadas para el 2050 (Cadena, y otros, 2015).

Ahora bien, para el Valle de Aburrá también se han hecho los estudios pertinentes respecto a las emisiones. En el 2013 el área Metropolitana del Valle de Aburrá como autoridad ambiental junto con la Universidad Pontificia Bolivariana publicó el inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá del año 2011. Para este inventario, a diferencia del realizado por la ciudad de Rio de Janeiro, se consideran 2 fuentes generadoras de emisiones: fuentes móviles y fuentes fijas. Las emisiones de las fuentes móviles se asocian a las emisiones del sector automotriz que fueron calculadas por primera vez para el Valle de Aburrá en este inventario, por medio del modelo de simulación llamado LEAP en el cual se separa el parque automotor en cuatro sectores: tipo de vehículo, rangos de cilindraje, tecnología de conversión de energía y rendimiento del combustible. Mientras que para las emisiones de las fuentes fijas se asocian a 12 actividades productivas generadores de emisiones, las

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

cuales se calcularon por medio de una formula que relaciona los factores emisión, el nivel de la actividad productiva y la eficiencia de los equipos (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2013).

1.4 MARCO TEÓRICO.

1.4.1 El dióxido de carbono, CO₂

- ***Descripción del dióxido de carbono, CO₂***

El dióxido de carbono es un gas incoloro, no inflamable a temperaturas y presiones normales, compuesto por dos átomos de oxígeno y uno de carbono, considerado como el cuarto componente más importante del aire seco. Dentro de la atmósfera terrestre a pesar de no ser tan abundante como el nitrógeno y el oxígeno, este es uno de los constituyentes más importantes (NESTA, 2006), tan solo con 0,04% de la atmósfera; su importancia radica en la capacidad que tiene de absorber la radiación de ondas de 4,26 a 14,99 micrómetros. Esta característica es la que mantiene la superficie de la Tierra caliente, lo que es positivo pues fue la que permitió que este planeta fuera habitable, pero cuando este empieza a calentarse de manera excesiva la Tierra, se convierte en un impacto negativo y es lo que hoy se conoce como el fenómeno del calentamiento global (Letcher, 2014).

Por otro lado, el CO₂ cumple un papel fundamental dentro del ciclo de carbono en la Tierra. Este es producido de manera natural por la desgasificación volcánica, los incendios forestales y la respiración de los organismos vivos. El proceso bioquímico de la fotosíntesis necesita del CO₂ para la creación de carbohidratos y luego liberar oxígeno a la atmósfera (NESTA, 2006). El carbono presente en la Tierra se encuentra en tres reservorios principales: la atmósfera (que contiene 720 Gt. en forma de CO₂), la biosfera terrestre (1.500 Gt.) y los océanos (38.000 Gt.) (Mitchell, 1989) aumentando la importancia de este elemento para el correcto funcionamiento del planeta.

- ***El CO₂ como un contaminante atmosférico***

El fenómeno del cambio climático es un concepto que ha venido revolucionando la forma en la que el mundo funciona, aunque esta problemática se conocía desde hace muchos años, en los últimos años ha ido cogiendo fuerza en el diario vivir de las personas pues sus efectos están impactando negativamente a la sociedad. Este fenómeno es provocado por el incremento excesivo (Gonzales, Jurado, Gonzales, Aguirre, Jimenez, & Navar, 2003) de los gases efecto invernadero en la atmósfera, en especial del CO₂. Éste se libera en la combustión de combustibles fósiles

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

durante diferentes procesos y actividades humanas. Desde la revolución industrial la liberación de CO₂ a la atmósfera ha aumentado de manera dramática (Carbon dioxide information analysis (U.S.); World data center-A for atmospheric trace gases, 1994), tendencia que debe llegar a su pico antes del 2020 y tener disminuciones sustanciales para no generar daños irreparables a los ecosistemas (Letcher, 2014); se ha estimado que la concentración de CO₂ en la atmósfera ha aumentado aproximadamente de 277 ppm en 1750, a 397.15 ppm en el 2014. En el 2013 se registraron por primera vez promedios diarios de más de 400ppm de CO₂ y para el 2015 el promedio global entre el mes de marzo y mayo estuvo por encima de las 400 ppm como se muestra en la ilustración 2 (Dlugokencky & Tans, 2016). Los registros de los últimos años, muestran la misma tendencia a aumentar de las concentraciones de CO₂, (ver ilustración 3.) y los últimos datos disponibles registran una concentración de 404.08 ppm en Abril del 2016. (Dlugokencky & Tans, NOAA, 2016)

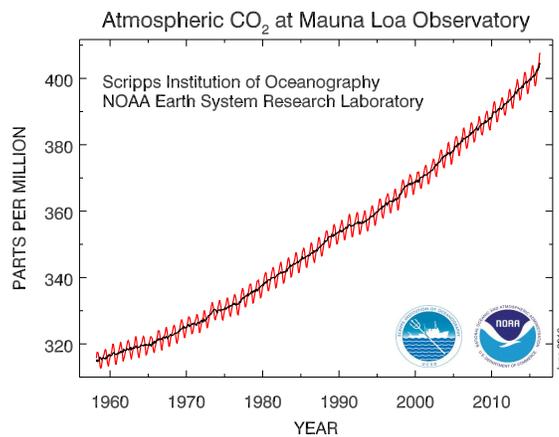


Ilustración 2. CO₂ atmosférico en ppm, medido desde 1958 hasta la fecha por la NOAA en el Mauna Loa Observatory, Hawaii (Dlugokencky & Tans, 2016).

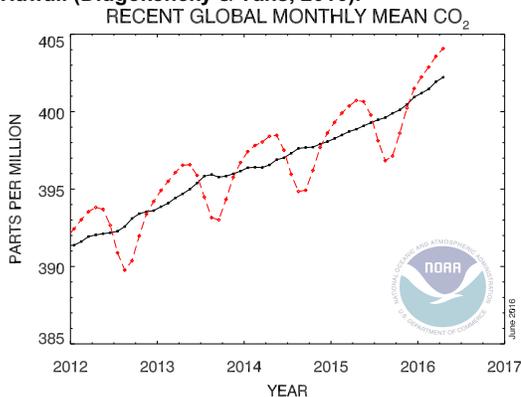


Ilustración 3. Registros recientes del CO₂ global, publicados por la NOAA (Dlugokencky & Tans, NOAA, 2016)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

- **Efectos de las altas concentraciones de CO₂ en la atmósfera.**

El incremento de los gases efecto invernadero, en especial del CO₂, genera un incremento en la temperatura media mundial, cambios en los patrones de precipitación y cambios en la frecuencia de los eventos climáticos extremos, fenómeno que se conoce como cambio climático o calentamiento global. Este fenómeno tiene efectos directos sobre las especies: puede alterar los ciclos de vida, generar un cambio en la distribución geográfica de las especies, cambios micro-evolutivos en la especie, el aumento del riesgo de extinción y cambios fisiológicos como los procesos de fotosíntesis, respiración y crecimiento (Gonzales, Jurado, Gonzales, Aguirre, Jimenez, & Navar, 2003). Las altas concentraciones de CO₂ podrían considerarse entonces como una causa indirecta de la alteración del funcionamiento de los ecosistemas naturales e incluso de la extinción de algunas especies.

En relación con el aumento de la temperatura, el libro publicado por Letcher (2014), *Future Energy*, describe cómo el aumento de las concentraciones de CO₂ en la atmósfera han alterado la temperatura global en los últimos 30 años (Letcher, 2014). Según algunos autores, si la tasa con la cual se está emitiendo CO₂ continúa con la misma tendencia, dentro de 60 años aproximadamente la temperatura de la tierra habrá llegado al límite para que pueda funcionar correctamente, que es 2°C por encima de la temperatura antes de la revolución industrial. Desde el año 1950 los niveles de CO₂ en la atmósfera han aumentado en un 40% lo que ha ocasionado un aumento de 0,8°C en la temperatura global (Letcher, 2014).

1.4.2 Emisiones de CO₂ a escala global, regional y nacional

Dentro de la información disponible recopilada por el Banco Mundial, se encuentran una serie de indicadores para cada país relacionados con el cambio climático entre los que están: consumo de energía eléctrica, emisiones de CO₂, emisiones de metano, emisiones totales de gases efecto invernadero, población urbana, etc., alcanzando un total de 36 indicadores (Grupo del Banco Mundial, 2016).

Aunque los datos provenientes del Banco Mundial son muy confiables muchas regiones y autores han buscado cuantificar las emisiones de gases efecto invernadero, incluyendo el CO₂ por medio de diferentes metodologías. El libro *Trends '93: A compendium of data on global change*, presenta una compilación de las emisiones de dióxido de carbono a nivel global, regional y nacional. En la escala global se presentan varios trabajos de otros autores en los que se determinan las emisiones de CO₂ a partir del consumo de combustibles fósiles en el periodo de tiempo de 1860 a 1990; el plano general de estos estudios muestra como en 131 años (1860 – 1991) la población mundial pasó de generar 93 millones métricos de toneladas de CO₂ a 6.200 millones métricos de toneladas aproximadamente, un acelerado y dramático aumento que representa la contribución del ser humano a los gases efecto invernadero (Carbon dioxide information analysis (U.S.); World data center-A for atmospheric trace gases, 1994).

En la misma compilación se encuentra un estudio a escala regional sobre las emisiones de CO₂. El estudio para América Latina se encuentra bajo el subtítulo “Developing América”, y las tendencias muestran como aumentaron las emisiones de 40 millones métricos de toneladas de CO₂ a 280 millones en un periodo de 41 años empezando en el año 1950. Además dos países de esta región se encuentran entre los 20 países con mayores emisiones: México y Brasil con un 53% de las emisiones de esta región (Mariand, Andres, & Boden, 1994).

Ahora bien, existen países con mayor desarrollo industrial, mayor crecimiento poblacional y urbano, más agricultura o desarrollo, por lo cual las emisiones de cada país son diferentes y deben tratarse como independientes para encontrar los puntos con mayor problemática. En el estudio realizado por Mariand, Andres y Boden (1994), se hace un análisis más extensivo de las 20 naciones como mayor aporte de CO₂ a la atmósfera que son: Estados Unidos, la antigua Unión Soviética, República China, Japón, Alemania, India, Reino Unido, Canadá, Italia, Francia, México, Polonia, Suráfrica, Corea del Sur, Australia, Corea del Norte, Irán, España, Brasil y Arabia Saudita (Mariand, Andres, & Boden, 1994).

- ***Emisiones de CO₂ en Colombia***

Colombia al ser un país bajo la Convención Marco sobre Cambio Climático (UNFCCC) debe presentar un inventario a nivel nacional de los gases efecto invernadero, con sus respectivas fuentes y sumideros. Debido a lo anterior el IDEAM realizó el inventario a nivel nacional pertinente para el año 1990 bajo la metodología del IPCC, en el que se incluyen los tres principales gases: CO₂, CH₄ y N₂O, y los tres gases con efectos indirectos: CO, óxidos de nitrógeno y los compuesto orgánicos volátiles. Bajo las cinco categorías de emisores presentadas por la metodología usada (energía, industria, agricultura, usos del suelo y residuos) y dependiendo del grado de confiabilidad de la información usada, se determinaron ciertos grados de incertidumbre. El consolidado del inventario cuantificó una emisión bruta de gases efecto invernadero de 59.184 Gg (1 Gg = 1000 toneladas), de las cuales el 88% son de CO₂, 7,8% de CO, 3,2% de metano, 0,6% compuestos orgánicos volátiles, 0,4% de los óxidos de nitrógeno y 0,004% de óxido nitroso. El estudio también toma en cuenta las emisiones capturadas por el crecimiento de bosques y reforestación que se dio en ese año, que equivale a la captura de 20.265 toneladas de CO₂, pero aun así fue el gas que más se emitió en Colombia para 1990 (Chaparro, Cuervo, Gomez, & Toro, 1990). Posteriormente bajo el marco de la convención de las Naciones Unidas sobre El Cambio Climático se realizó el primer informe bienal de actualización de Colombia en el 2015. En este informe se establece que en el 2010 se generó un total de 22'290.597 Gg de CO₂ y 178.258 Gt. de CO₂ en el 2012, de las cuales el sector energético y el uso de tierras forestales convertidas a pastizales aportan la mayor cantidad de emisiones para ambos años; El sector energético aporta el 44% de las emisiones, la agricultura, silvicultura y

otros usos de la tierra el 43%, los residuos el 8% y por último los procesos industriales aportan el 5% de las emisiones totales en el 2012. Además se determinó que del total de emisiones el 86% fueron de CO₂, el 12 de CO, y el 2% de N₂O. La siguiente figura muestra el consolidado de emisiones durante los últimos años presentados en este informe respecto a las emisiones para cada sector:

(IDEAM; PNUD; MADS; DNP; CANCELLERÍA, 2015)

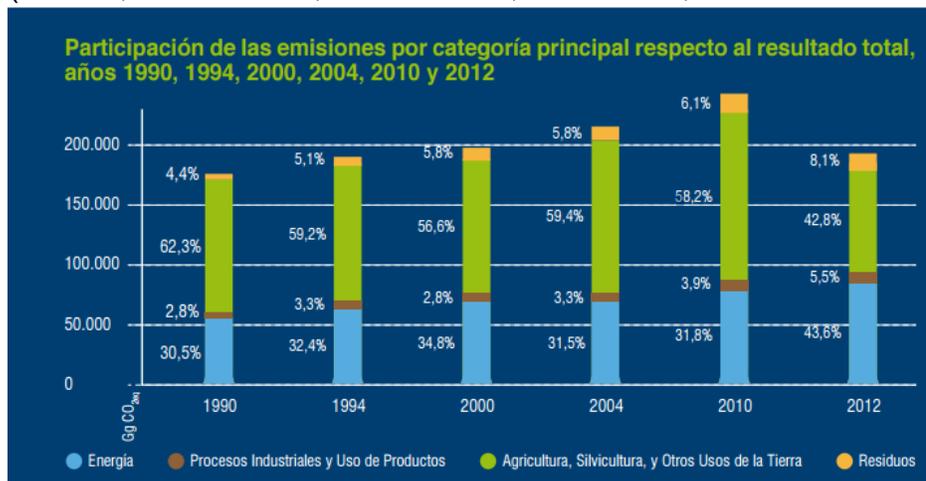


Ilustración 4. Participación de las emisiones por categoría principal respecto al resultado total, años 1990, 1994, 2000, 2004, 2010 y 2012. Gráfica tomada del primer informe bienal de actualización de Colombia ante la CMNUCC. (IDEAM; PNUD; MADS; DNP; CANCELLERÍA, 2015)

1.4.3 Metodologías para calcular las emisiones de CO₂

Para calcular las emisiones de CO₂ se usan las metodologías para calcular los gases efecto invernadero. En los últimos años se han desarrollado varias metodologías pues cada caso tiene alcances diferentes y la información disponible no es la misma para todos. Sin embargo, existen varios estándares a nivel global que son los más usados en los estudios revisados.

La siguiente tabla fue tomada del protocolo global para inventarios de GEI, para ciudades (Global Protocol for Community-Scale GHG Emissions Inventories), en la cual se resumen los estándares y metodologías existentes para el cálculo, inventario y reporte de emisiones de GEI (World Resources Institute; C40 Cities Climate Leadership Group; ICLEI - Local Governments for Sustainability, 2014).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Program/platform	Author	Target audience	Consistency with major IPCC emission sources categories	Adoption of in-boundary /out-of-boundary framework	In-boundary emissions
Global Protocol for Community-Scale GHG Emissions Inventories (GPC)	C40 ICLEI WRI (2014)	Communities worldwide	Yes	Yes	Yes
1996/2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories	IPCC (1996/2006)	National governments	NA	Yes ⁸⁴	Yes
International Local Government GHG Emissions Analysis Protocol (Version 1.0)	ICLEI (2009)	Local governments and communities	Yes ⁸⁵	Yes	Yes
International Standard for Determining Greenhouse Gas Emissions for Cities (Version 2.1)	UNEP UN-HABITAT World Bank (2010)	Communities	Yes	Yes	Yes
Baseline Emissions Inventory/ Monitoring Emissions Inventory Methodology	The Covenant of Mayors Initiative ⁸⁷ (2010)	Cities in the EU	Yes/No ⁸⁸	Yes	Yes
U.S. Community Protocol for Accounting and Reporting of Greenhouse Gas Emissions (Version 1.0)	ICLEI USA (2012)	Cities and communities in the U.S.	No ⁸⁹	No	Yes
PAS 2070: 2013	BSI (2013)	Cities	Yes	Yes	Yes
Bilan Carbone	ADEME ⁹⁰ (since 2001)	Companies, local authorities, and regions, in France	No		
Manual of Planning against Global Warming for Local Governments	Ministry of Environment, Japan (2009)	Sub-national governments	Yes ⁹¹	Yes	Yes

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Out-of-boundary emissions	Gases	Detailed guidance on calculation methodologies	Guidance on setting reduction targets	Other information
Yes	Seven gases	No	Yes	<ul style="list-style-type: none"> Divides in-boundary and transboundary emissions into scopes 1, 2, and 3 Provides BASIC, BASIC+ reporting levels Pilot tested by 35 pilot cities
Yes	Six gases	Yes	No	<ul style="list-style-type: none"> Provides detailed guidance on emission/removal categories, calculation formula, data collection, default emission factors, and uncertainty management
Yes	Six gases	Yes	No	<ul style="list-style-type: none"> Requires two levels of reporting: <ul style="list-style-type: none"> Local government operations (LGO) Community-wide
Yes ⁹⁶	Six gases	No	No	<ul style="list-style-type: none"> Simplified description, with a lot of reference to other standards (e.g., IPCC Guidelines) Suggests cities or urban regions with populations over 1 million persons to use this reporting standard and cities with populations below 1 million to use less detailed reporting tables, such as BEI/MEI
No	CO ₂ ; other gases optional	No	No	<ul style="list-style-type: none"> Designed especially for the Covenant of Mayors Initiative in the EU as one of the main measures for signatory cities to achieve their SEAP targets Only requires quantification of CO₂ emissions due to final energy consumption Considers interactions with other policies such as EU ETS
Yes	Six gases	Yes	No	<ul style="list-style-type: none"> Created the concepts of "sources," which could be interpreted as in-boundary emissions, and "activities", which could be interpreted as both in-boundary and out-of-boundary emissions Provides various reporting frameworks including the Five Basic Emissions Generating Activities, local government significant influence, community-wide activities, household consumption, in-boundary sources, government consumption, full consumption-based inventory, life cycle emissions of community businesses, and individual industry sectors
Yes	Six gases	Yes	No	<ul style="list-style-type: none"> Provides two methodologies to assess city GHG emissions: <ul style="list-style-type: none"> Direct plus supply chain methodology, which is consistent with GPC Consumption-based methodology Worked case study of the application of PAS 2070 provided for London, United Kingdom
	Six gases		Yes	
Yes	Six gases	Yes	Yes	

Ilustración 5. Resumen de los estándares existentes para el cálculo y reporte de emisiones GEI (World Resources Institute; C40 Cities Climate Leadership Group; ICLEI - Local Governments for Sustainability, 2014)

2. SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA

De las nueve metodologías presentadas en la [Ilustración 6](#), solo hay 4 que están diseñadas para ser usadas en modelos de ciudad y comunidades locales:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

- **International Local Government GHG Emissions Analysis Protocol:** Este protocolo fue diseñado por la ICLEI con el fin de asistir a los gobiernos locales para cuantificar las emisiones de gases efecto invernadero. Este se desarrolla con el fin de facilitar y crear metas tangibles en cuanto a la reducción de emisiones. Este protocolo puede ser aplicado a distintas entidades y aunque se diseñó específicamente para los gobiernos locales, este puede ser aplicado a agencias o entidades estatales, provinciales y de servicios distritales. Este protocolo debe entenderse como una herramienta para las entidades gubernamentales, para ayudarles a entender y completar los inventarios de las emisiones y proporcionar nuevas estrategias para su reducción. Este inventario debe hacer dos reportes de manera paralela: un análisis para las emisiones generadas por las operaciones y actividades del gobierno local y otro análisis sobre las emisiones provenientes de los todos sectores de la comunidad a la cual sirve ese gobierno. Este también incluye objetivos para la reducción de emisiones, desarrollo de estrategias de mitigación y establecimiento de procesos de monitoreo (Local Governments for Sustainability - ICLEI, 2009). Este fue desarrollado en el 2009 y se basa en las fuentes emisoras establecidas por el IPCC e incluye 6 GEI (World Resources Institute; C40 Cities Climate Leadership Group; ICLEI - Local Governments for Sustainability, 2014).

Luego de haber analizado esta metodología, se decide no trabajar con ella pues su foco principal no es la estimación de emisiones de la comunidad como tal, si no que busca estimar con mayor detalle las emisiones generadas por las entidades gubernamentales locales.

- **International Estándar for Determining Greenhouse Gas Emissions for Cities:** El propósito de este acuerdo es establecer un estándar común en el cual se determinen las herramientas básicas para realizar los inventarios de GEI para las ciudades. Se establece que los inventarios de GEI para las ciudades deben regirse por los principios y métodos desarrollados por el IPCC, además reconoce que las ciudades también generan emisiones por fuera de su límite geográfico. Debido a lo anterior este acuerdo también se guía por el estándar establecido por el World Resources Institute / World Business Council for Sustainable Development (WRI/WBCSD), lo que le permite incluir en el inventario las emisiones que se den por fuera del límite geográfico. Este reporte estándar es recomendado para ciudades con más de 1 millón de personas (UNEP; UN-HABITAT; World Bank; Cities Alliance, 2010).

Luego de analizar esta guía, se determina que la información que provee es muy básica como para realizar el inventario, además que basa mucho en lo ya planteado por el IPCC. Al ser tan poco detallada decide descartarse para realizar este estudio, pues es la primera vez que se va seguir una de estas metodologías, por lo cual es necesario contar con información más detallada en cuanto al cálculo de emisiones y como realizar el inventario.

- **PAS 2070:** Esta evaluación responde a las necesidades mediante la especificación de requerimientos para realizar un inventario de GEI para una ciudad ó área urbana, siguiendo los principios para contabilizar y reportar emisiones de GEI a nivel

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

internacional. Esta provee un método robusto, transparente, consistente, comparable y relevante para reportar los GEI en un nivel de ciudad. PAS 2070 especifica 2 metodologías que deben usarse: Metodología de la cadena directa de suministros y la metodología basada en el consumo, con el fin de entender a las ciudades tanto como consumidores como productores de los diferentes bienes y servicios. Esta valoración fue probada en Londres, por lo cual tiene a ser usado por ciudades con modelos similares (British Standards Institution, BSI, 2013), además se basa mucho en este tipo de ciudad europea. Este no ofrece guías detalladas para el cálculo de emisiones y no cuenta con metas de mitigación y reducción de gases como la mayoría de inventarios.

Aunque esta guía se acerca mucho a lo que estamos buscando, no cuenta con el detalle suficiente para realizar un primer acercamiento, además la metodología debería incluir estrategias para la disminución de las emisiones, pues este es el objetivo general por el cual se realiza el inventario. Por esto se considera que no se debe usar ese acercamiento.

- Global Protocol for Community-Scale GHG Emissions Inventories (GPC): el GPC provee directrices para calcular y reportar emisiones de GEI, siendo estas consistentes con las directrices del IPCC. Esta diseñado para ser usado por cualquiera que busque valorar las emisiones de GEI de una área geográfica definida. Principalmente fue diseñado para ciudad. Aunque este protocolo no ofrece metodologías exactas para realizar los cálculos, ofrece una variedad de opciones para seleccionar la metodología más apropiada para cada caso. En general presenta una forma de estimar las emisiones de GEI, sin embargo tiene en cuenta que para cada sector las metodologías pueden variar significativamente dependiendo de la información disponible. Este también incluye una parte para establecer metas y objetivos de reducción de emisiones, planes para su monitoreo y estrategias para ir mejorando cada año el cálculo de las emisiones. (World Resources Institute; C40 Cities Climate Leadership Group; ICLEI - Local Governments for Sustainability, 2014).

Este protocolo le da mucha libertad al receptor para elegir metodologías apropiadas y que se ajusten a la calidad de la información que tiene disponible, además en un solo protocolo se abarca todo el ciclo que debe tener en cuenta: análisis de actividades, cálculo de emisiones, planes de mitigación y reducción. Por lo cual se considera como el protocolo más apto para ser usado en el siguiente estudio.

GLOBAL PROTOCOL FOR COMMUNITY-SCALE GREENHOUSE GAS EMISSION INVENTORIES (GPC): ESTANDAR PARA INVENTARIO Y REPORTE PARA LAS CIUDADES

Antes de comenzar a realizar el estudio detallado de la metodología seleccionada (GPC), se hace claridad que toda la información continuación mostrada es tomada del protocolo disponible para el público y se puede descargar del siguiente link <http://www.ghgprotocol.org/city-accounting> (World Resources Institute; C40 Cities Climate Leadership Group; ICLEI - Local Governments for Sustainability, 2014).

2.1 PARTE 1: INTRODUCCIÓN Y REQUERIMIENTOS

2.1.1 Introducción

Hoy en día se pueden encontrar muchos métodos para inventariar estas emisiones que varían en los tipos de fuentes de emisión, los gases incluidos en el inventario, la definición de las emisiones, como las categorizan, etc. Lo que genera cierta inconsistencia a la hora de comparar los resultados entre los diferentes estudios. Por lo tanto este protocolo global para la estimación de GEI a escala de ciudad (GPC) busca resolver este conflicto, ofreciendo un marco de trabajo basado en las metodologías ya existentes para calcular y reportar las emisiones de GEI generadas dentro una ciudad.

El GPC se basa en las directrices planteadas por el IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) en el 2006, conocidas como las guías para los inventarios de GEI a nivel nacional. El GPC pretende ayudar a las ciudades a desarrollar los inventarios de GEI y para promover acciones de mitigación al cambio climático; Además permite a las ciudades establecer un año base para el inventario y poder establecer metas concretas en los años futuros. Este protocolo también permite la incorporación a nivel regional y nacional de las emisiones y permite que las ciudades se conviertan actores importantes del cambio climático.

Este protocolo puede ser usado por cualquier territorio con un límite geográfico que busque cuantificar sus emisiones de GEI, está diseñado para ser usado inicialmente por las ciudades pero se puede usar en los casos de pueblos, distritos, condados, providencias, estados y áreas Metropolitanas.

El protocolo usa dos marcos de trabajo para contabilizar las emisiones: uno se enfoca en las emisiones emitidas dentro del límite geográfico, y el otro busca estimar las emisiones inducidas, con el fin de contabilizar todas las emisiones asociadas a la ciudad y evitar una doble contabilización. Además incluye metodologías específicas para el cálculo de emisiones de cada sector, con diferentes opciones de fuentes de información, ecuaciones y procedimientos relevantes que se deben tener en cuenta. Además ofrece una plantilla para llenar el reporte de las emisiones.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

El GPC resulta de la colaboración entre varias instituciones (WRI, C40, ICLEI), que comenzó a crearse desde junio del 2011 en Sao Pablo, Brasil. En el 2012 se lanzó el primer piloto abierto a la opinión pública, luego el mismo año se lanzó una nueva versión que fue probada en 35 ciudades en el 2013. Luego de esta prueba y con los ajustes necesarios se lanzó en julio del 2014 un nuevo protocolo para recibir comentarios del público otra vez para finalmente lanzar la versión final en diciembre del 2014. Hasta el momento esta versión es la más actualizada y la oficial, pues se espera que a partir del 2015 se empiece a trabajar en una nueva versión que profundice más en las emisiones asociadas a un territorio que no se generan dentro de ese territorio.

2.1.2 Principios y Requerimientos para la generación de inventarios de GEI en la escala de ciudad.

Los principios que deben seguirse para poder realizar este inventario y que este represente de manera exacta y adecuada la generación de emisiones son:

- **Relevancia:** El inventario debe reflejar de manera apropiada las emisiones que se están generando como resultado de los patrones de las actividades y del consumo de la ciudad. Este principio debe aplicarse cuando se están seleccionando, determinando y priorizando las fuentes de información.
- **Totalidad:** El inventario debe buscar reportar la totalidad de las emisiones requeridas y planteadas por el protocolo. Cualquier exclusión de algún tipo de emisión debe ser justificada y explicada de manera clara.
- **Consistencia:** los cálculos deben ser congruentes en cuanto al alcance, el límite y la metodología seleccionada y deben seguir el enfoque metodológico propuesto en el GPC.
- **Transparencia:** la documentación y referencias deben ser verificables, además debe ser suficiente para permitirle al lector usar la misma fuente de información y obtener los mismos resultados
- **Exactitud:** Los cálculos no deben exagerarse ni minimizarse respecto a las emisiones actuales GEI. Los grados de incertidumbre en los cálculos deben reducirse al máximo.



Ilustración 6. Principios para el inventario de GEI que una ciudad debe seguir bajo el protocolo GPC (World Resources Institute; C40 Cities Climate Leadership Group; ICLEI - Local Governments for Sustainability, 2014).

CLAVES DE NOTACIÓN:

La recolección de información es una parte importante e integral para el desarrollo del inventario. Debido a que esta información puede variar en cuanto a su calidad, formato, exactitud, relevancia, etc., esta debe adaptarse para poder realizar un mejor estudio. Esta adaptación se realiza mediante las claves de notación, como se recomienda en las directrices del IPCC, lo que le permite que las fuentes de emisión sean categorizadas de acuerdo a la disponibilidad o no de la información, acompañado de una justificación apropiada en caso de ser excluida alguna fuente de emisión por falta de datos o información poco confiable. Cuando se esta recolectando la información necesaria para el cálculo de las emisiones, el primer paso a realizar es identificar si una actividad ocurre o no dentro de la ciudad, o si alguna actividad va a ser excluida del inventario con su respectiva justificación.

NOTACIÓN CLAVE	DEFINICIÓN	EXPLICACIÓN
IE	Incluida en otra parte	Emisiones de GEI para una actividad que se cuantifican o aparcan en otra categoría del inventario. Esta categoría debe tener la explicación correspondiente.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

NE	No estimada	Emisiones que si generan pero no son estimadas o reportadas en el inventario. Se debe explicar y justificar por que no son cuantificadas en la explicación correspondiente.
NO	No ocurre	Cuando una actividad o proceso que esta en el inventario no se presenta dentro de la ciudad.
C	Confidencial	Emisiones de GEI pueden llevar a la revelación de información confidencial y por lo tanto no pueden reportarse.

Tabla 1. Uso de Notaciones Clave

2.1.3 Identificación del Límite del inventario

El límite del inventario permite identificar los gases, las fuentes de emisión, el área geográfica y la escala del tiempo abarcada por el estudio. Este esta diseñado para tener una comprensión sobre el origen de las emisiones y como un indicador para establecer las fuentes claves para tomar medidas.

LÍMITE GEOGRÁFICO

Cada ciudad debe establecer un límite geográfico para identificar la dimensión espacial y física que abarca el inventario. Este límite depende del propósito del estudio y de la relevancia de este.

PERIODO DE TIEMPO

El GPC esta diseñado para estimar y reportar las emisiones de GEI de un solo año, es decir que el inventario debe abarcar un periodo de 12 meses consecutivos que en su preferencia estén acorde con el año calendario o el año financiero.

GASES EFECTO INVERNADERO (GEI):

Las ciudades deben cuantificar las emisiones de los 7 gases requeridos para la mayoría de inventarios a nivel nacional y que están cubiertos bajo el protocolo de Kioto: Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Dióxido de Nitrógeno (N₂O), Hidrofluorocarbonos (HFCs), Perfluorocarbonos (PFCs), Hezafluoruro de Azufre (SF₆), Trifluoruro de Nitrógeno (NF₃).

FUENTES DE EMISIÓN DE LOS GEI

Las fuentes de emisión se clasifican en 6 sectores principales, que luego deben ser subdivididas en otros sub-sectores, los cuales luego podrían ser o no reorganizados en sub-categorías, dependiendo del sub-sector.

1. ENERGÍA ESTACIONARIA

- Edificios Residenciales
- Edificios Comerciales e Institucionales
- Industrias Manufactureras y de construcción
- Industria Energética
- Agricultura, Piscicultura y Silvicultura
- Fuentes no específicas
- Emisiones Fugitivas de la extracción, procesamiento, almacenamiento y transporte de carbón
- Emisiones fugitivas de sistemas de petróleo y gas natural
- Generación de energía suministrada a la Red

Ilustración 7. Sector principal: Energía Estacionaria y sus Sub-Sectores (World Resources Institute; C40 Cities Climate Leadership Group; ICLEI - Local Governments for Sustainability, 2014)

2. TRANSPORTE

- Terrestre
- Sistema de Trenes
- Marítimo
- Aéreo
- Carretera destapada

3. RESIDUOS

- Disposición de Residuos Sólidos
- Tratamientos Biológicos de Residuos
- Incineración y a cielo abierto de Residuos
- Tratamiento de Aguas Residuales

Ilustración 8. Sectores principales Transporte y Residuos, y sus Sub-Sectores correspondientes (World Resources Institute; C40 Cities Climate Leadership Group; ICLEI - Local Governments for Sustainability, 2014).

4. PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS (IPPU)

- Procesos Industriales
- Uso de Productos

5. AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DEL SUELO (AFOLU)

- Ganadería
- Suelo
- Fuentes agregadas y emisiones diferentes al CO₂ en el suelo

Ilustración 9. Sectores principales de IPPU y AFOLU, y sus Sub-Sectores correspondientes (World Resources Institute; C40 Cities Climate Leadership Group; ICLEI - Local Governments for Sustainability, 2014).

ALCANCE DE LA EMISIONES

Las emisiones de GEI de una ciudad en específico pueden generarse al interior del límite de la ciudad o por fuera de este. Para poder diferenciar estas emisiones el GPC propone dividir las emisiones en tres categorías dependiendo del lugar donde generan y donde se emiten:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

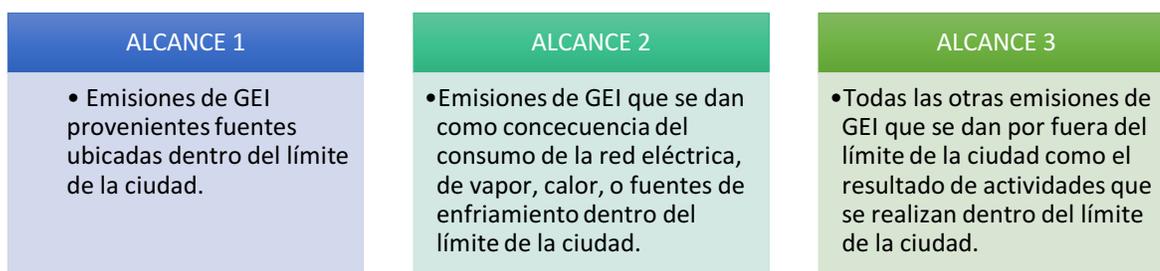


Ilustración 10. Categorización de las emisiones por Alcance (World Resources Institute; C40 Cities Climate Leadership Group; ICLEI - Local Governments for Sustainability, 2014).

UNIFICACIÓN DE LOS INVENTARIOS DE LAS CIUDADES

El GPC está diseñado de manera que permite la unificación de varios inventarios de diferentes ciudades para ser totalizados a nivel sub-nacional o nacional, con la finalidad de mejorar la calidad de la información disponible para los inventarios nacionales, medir la disminución de emisiones e innovar en las estrategias para la mitigación de emisiones por fuera de las fronteras.

OTRAS EMISIONES DE ALCANCE 3

Como ya se mencionó anteriormente estas emisiones son aquellas que se dan por fuera de la frontera de la ciudad, lo que hace que los inventarios sean más reales y asertivos pues se enfocan en toda la cadena de producción. El GPC incluye emisiones de alcance 3 pero para un número limitado de actividades, pero las ciudades están en libertad de reportar *otras emisiones de alcance 3* que incluyen la energía acumulada en las gasolinas, el agua, la comida y en los materiales de construcción. Para reportar estas emisiones el GPC provee una guía basada en la estimación de emisiones por medio del consumo de bienes y servicios claves producidos por fuera de la ciudad. Este método basado en el consumo, es una alternativa al método basado en los sectores productivos planteado inicialmente por el GPC, el cual usa un modelo que relaciona los patrones de consumo y el flujo del mercados a la energía y a las emisiones GEI. Este acercamiento es adicional al que plantea el GPC y los resultados reflejan un comportamiento distinto.

FRONTERAS PARA LAS METAS DE MITIGACIÓN

El límite para establecer las metas y estrategias de mitigación no necesariamente tiene que ser el mismo del límite propuesto para realizar el inventario de emisiones GEI, sin embargo se recomienda que las ciudades alineen estos límites para facilitar a la hora de manejar las información.

2.1.4 Requisitos para realizar el informe

El GPC sugiere dos acercamientos que a pesar de enfocarse en cosas diferentes, se consideran necesarias para reportar las emisiones

- Marco sobre los alcances: este permite a las ciudades reportar todas las emisiones que se relacionen con las actividades desarrolladas dentro de la ciudad categorizándolas las fuentes de emisiones en fuentes internas (alcance 1, 2 o 3).
- Marco de emisiones Inducidas: Mide las emisiones de GEI atribuibles a las actividades realizadas dentro del territorio de la ciudad y cubre los 3 niveles de alcance. Este marco de referencia incluye 2 niveles de estudio, el nivel básico que involucra las fuentes de emisiones que se realizan en la mayoría de ciudades. Y el nivel básico+ que alcanza un mayor grado de comprensión y complejidad sobre las fuentes de emisión, este requiere información más compleja y procedimientos matemáticos más rigurosos.

Además se recomienda que este reporte sea realizado y actualizado cada año.

MARCO SOBRE LOS ALCANCES Y LAS EMISIONES INDUCIDAS.

Para saber que tipo de reporte se va a realizar debe tomar en cuenta la calidad de la información disponible, las ciudades deben buscar estimar todas las emisiones siempre y cuando la información sea confiable y este disponible. El GPC solo requiere un nivel de reporte: Básico o Básico+. Sin embargo debe tenerse en cuenta que el reporte debe incluir los dos marcos (Reporte por alcances y reporte de nivel básico ó básico+). En el marco de ciudad inducida, las emisiones del suministro de la red eléctrica se calculan en base al consumo energético y las de los desechos en base a la generación de residuos. mientras que bajo el marco territorial (alcance 1) las emisiones de la red se calculan a partir de la energía generada y las de los desechos en base a la cantidad de residuos dispuestos en el lugar de la disposición final.

Requisitos para el informe

DESCRIPCIÓN DEL LÍMITE DEL INVENTARIO

- Debe incluirse una descripción del límite geográfico, un mapa que represente la región donde se va a realizar el análisis y una explicación racional del por que se escogió este límite.
- Una descripción del estado de las actividades incluidas en el inventario
- Debe especificarse cualquier exclusión realizada, sea de una fuente emisora, de una lugar importante o actividad. Para esto se usan las claves de notación que deben ir acompañadas de su respectiva justificación.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

- El inventario de los últimos 12 meses
- El nivel de reporte escogido
- Una descripción de la región de estudio incluyendo: área total, población, PIB, población flotante, la composición de la economía, el clima, actividades y usos del suelo (acompañado de un mapa de usos del suelo). Estos indicadores permiten relacionar las emisiones por sectores, personas, PIB, etc.

INFORMACION DE LAS EMISIONES

Las ciudades deben reportar las emisiones de GEI de diferentes formas dependiendo del público al que se le va a presentar la información y pueden desagregar las emisiones por tipo de combustible, operaciones municipales, por cada sector o sub-sector, etc. Sin embargo hay 5 requerimientos que cumplirse dentro del reporte

1. **Emisiones por sector:** todas las emisiones de GEI deben ser reportadas bajo cada sector principal y sub-sector correspondiente. Las emisiones referentes al almacenamiento de CO₂ y sistemas de captura deben excluirse de las emisiones totales, pero debe reportarse de manera separada.
2. **Emisiones por alcance:** Las emisiones de GEI deben ser categorizadas dependiendo de su alcance: 1,2 o 3. El total de las emisiones de cada alcance debe ser independiente de cualquier negocio o trato relacionado con los GEI como ventas, compras, transferencias, etc.
3. **Emisiones por gas contaminante:** Las emisiones de los GEI deben medirse en toneladas métricas y deben expresarse dependiendo del gas que se este emitiendo y su valor correspondiente en toneladas CO₂ equivalente. Para poder encontrar el valor correspondiente solo es necesario multiplicar el volumen emitido del gas contaminante y multiplicarlo por el potencial de calentamiento global (GWP) específico de cada gas.
4. **Emisiones totales:** Las emisiones deben se presentadas de acuerdo al marco de alcances y al marco sobre la ciudad inducida (sea a nivel básico o básico+).
5. **Emisiones de origen biogénico:** Las emisiones provenientes de la combustión de materiales de origen biogénico como la biomasa o los biocombustibles, deben ser reportados aparte de los alcances y de los demás gases.

INFORMACIÓN DE LAS METODOLOGÍAS Y SOBRE LA CALIDAD DE INFORMACION

Cualquier metodología usada para el cálculo o estimación de emisiones, debe tener su respectiva referencia o el link en el caso de haber utilizado cualquier herramienta para realizar los cálculos. Para cada fuente de emisión debe realizarse una

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

descripción de la fuente de información, el tipo de información utilizada, los datos de la actividad, los factores de emisión y los valores del potencial de calentamiento global (GPW). La información utilizada también debe ser evaluada y debe presentarse dependiendo de la calidad de la misma, es decir que los datos de la actividad y los factores de emisión debe categorizarse en un rango entre Alta – Media –Baja calidad.

INFORMACIÓN SOBRE LOS CAMBIOS DE LAS EMISIONES

Se debe reportar dentro del informe cuales son los planes de mitigación que tiene o tenía la ciudad a la hora de realizar el inventario, y cuales eran las emisiones del año en el cual se propusieron estos planes. Lo anterior con el fin de seguir el proceso de mitigación y como ha evolucionado este durante los años.

RECOMENDACIONES PARA REALIZAR EL INFORME.

Cuando se considere necesario, las ciudades deben reportar dentro del inventario:

- Emisiones de alcance 2 usando la metodología basada en el mercado: Refleja cualquier producto o servicio eléctrico en el que los consumidores de la ciudad se vean involucrados, generalmente promovido por el proveedor de electricidad a la ciudad.
- Generación de energías renovables dentro del límite de la ciudad o que reflejen una inversión de la ciudad: permite identificar la producción de energías renovables que solo impactan de manera indirecta las emisiones de alcance 2 y que no se pueden estimar dentro del alcance 1.

ESTRUCTURA Y MARCO DE INFORMACIÓN QUE DEBE PRESENTARSE BAJO EL GPC.

El GPC provee las tablas que cada ciudad debe llenar a hora de realizar el inventario: Información sobre la ciudad del inventario, Resumen de las emisiones GEI y el Reporte de las emisiones GEI. Además deben presentarse las siguientes tablas si se considera que son importante para la ciudad: Emisiones de alcance 2 basadas en la metodología del mercado, el Resumen de las transacciones de crédito *offset*, y las inversiones y producción de energías renovables.

2.2 PARTE 2: Guías para el cálculo de emisiones por fuente y recolección de datos e información necesaria

2.2.1 Descripción General para calcular las emisiones de GEI.

El GPC provee las metodologías apropiadas para la estimación de las emisiones GEI, junto con la información necesaria y las formulas matemáticas para calcular las emisiones. Las metodologías usadas se basan en las directrices planteadas por

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

el IPCC, pero si se desea usar otra metodología el protocolo lo permite siempre y cuanto se aseguren de cumplir con los requerimientos y de documentar las metodologías en el reporte.

REPASO SOBRE LOS CÁLCULOS

Para algunos sectores específicos se pueden realizar mediciones directas por medio de sistemas de monitoreo si están disponibles. Sin embargo, la mayoría de las emisiones de GEI se estiman multiplicando los datos de la actividad por el factor de emisión asociado al gas y a la actividad

$$\textit{Emisiones GEI} = \textit{Datos de la Actividad} \times \textit{Factor de Emisión}$$

Ecuación 1. Estimación de emisiones de GEI mediante el factor de emisión

DATOS DE LA ACTIVIDAD:

Estos datos están relacionados con la actividad generadora de emisiones de GEI. Estos pueden ya estar disponibles o se puede levantar nueva información para la realización del inventario. Inicialmente se recomienda hacer un análisis inicial de los datos disponibles teniendo en cuenta que estos deben provenir de una fuente confiable y deben corresponder al lugar y año del cual se esta realizado el reporte. La información puede obtenerse de muchas fuentes como los departamentos y entidades a nivel nacional, departamental o municipal, grupos de investigación de universidades, organizaciones expertas en el tema, libros, revistas, artículos y reportes científico; si es posible se recomienda usar información local o nacional por encima de datos internacionales. Toda la información debe ser referenciada, debe tener una breve descripción, la serie de tiempo, el sector al cual es asociada, las unidades, todos los supuestos, la incertidumbre, la frecuencia de los datos, etc. Si la información encontrada sobre la actividad no se alinea con el territorio donde se esta haciendo el estudio o con el periodo de tiempo, estos datos pueden ser adaptados para poderse usar por medio de un factor de escala. El factor de escala representa la relación entre la información disponible y la información necesaria, este debe representar un alto grado de correlación entre los datos.

$$\textit{Datos para el inventario} = \frac{\textit{Factor Información para el inventario}}{\textit{Factor Información disponible}} \times \textit{Información Disponible}$$

Ecuación 2. Metodología para escalar la información

De la ecuación anterior tenemos:

Información disponible: Actividad o información sobre emisiones disponible que necesita ser escalada

Datos para el inventario: Información de la actividad o emisiones totales para la ciudad

Factor información para el inventario: Factor de escala al cual se quiere llegar

Factor de información disponible: Factor de escala de la información original.

Uno de los factores de escala más populares es la población, pues esta es clave cuando se habla de las emisiones de GEI. A continuación se muestra un ejemplo de cómo se puede usar esta metodología

$$\text{Produccion de residuos 2014} = \frac{\text{Población}_{2014}}{\text{Población}_{2013}} \times \text{Produccion de residuos 2013}$$

Para el reporte se debe documentar toda la información usada en caso de usar esta metodología para obtener los datos necesarios: la información original, los factores de escala, los puntos de información y las fuentes de esta información.

FACTORES DE EMISIÓN:

Los factores de emisión convierten los datos de la actividad en emisiones, por lo tanto estos se convierten en una parte crucial del inventario y deben ser muy específicos para cada ciudad si es posible, de lo contrario se recomienda usar factores de emisión establecidos por entidades gubernamentales o académicas. Si no existen los factores de emisión a nivel local, regional o nacional se debe recurrir a la base de datos del IPCC (EFDB).

POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL (GWP)

Aunque todas las emisiones cuantificadas deben reportarse en toneladas métricas, se debe también presentar para cada gas su valor de CO₂ equivalente. El CO₂ equivalente es la unidad de medida universal para poder medir y comparar de manera directa todos los GEI. Para poder determinar el potencial de calentamiento global de un GEI, se debe multiplicar las toneladas emitidas de un gas por el coeficiente GWP listado en las directrices del IPCC o la versión listada en el GPC.

CALIDAD DE LA INFORMACIÓN Y GRADOS DE INCERTIDUMBRE

Para asegurar la transparencia del reporte es vital que toda la información, las fuentes, entidades consultadas, todos los supuestos realizados, información escada, etc. sea referenciada y descrita apropiadamente. Toda la información de las actividades deben ser categorizadas dependiendo de su calidad en alta, media y baja. Esta categorización se basa en si la información refleja el comportamiento del mismo territorio y se encuentra en el periodo de tiempo indicado.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	LA INOFORMACION DE LA ACTIVIDAD	FACTOR DE EMISIÓN
<i>Alta (H)</i>	Información detallada	Factor de emisión específico
<i>Media (M)</i>	Información modelada	Factor de emisión general
<i>Baja (L)</i>	Información modelada con muchas suposiciones o información poco verídica	Factor de emisión por defecto del IPCC

Tabla 2. Categorías para clasificar la información de la actividad

VERIFICACIÓN

Una de las partes más importantes de este protocolo es la verificación de la información y de los cálculos realizados durante todo el proceso. La verificación puede ser realizada por la misma entidad o persona que haya realizado el inventario, o puede ser realizada por otra organización.

2.2.2 Energía Estacionaria.

Las fuentes relacionadas con la energía estacionaria se consideran como las mayores contribuidoras de GEI. Las emisiones en este sector provienen de la quema de combustibles y de las emisiones fugitivas que se liberan durante el proceso para entregar las diferentes formas de energía. Las emisiones de la energía estacionaria se dividen en los 3 alcances:

EEE-ALCANCE 1	EEE-ALCANCE 2	EEE-ALCANCE 3
<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones de la combustión de combustibles y las emisiones fugitivas dentro de la ciudad 	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones del consumo de las diferentes formas de energía provenientes de un sistema en red (Electricidad, Calor, Vapor, Refrigeración, etc) 	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones de las pérdidas generadas en los sistemas en red.

Ilustración 11. Alcance de las Emisiones de Energía Estacionaria (EEE)

EEE – ALCANCE 1

Incluye las emisiones generadas de la combustión de los diferentes combustibles a nivel residencial e industrial. También incluye las plantas generadoras y refinarías. La exploración y refinamiento de combustibles fósiles, incluyendo exploraciones en el mar. Por último el consumo de combustibles por actividades agrícolas y pecuarias como los generadores portables también se reportan bajo este alcance.

EEE – ALCANCE 2

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Se reportan las emisiones por el consumo de electricidad que se da en los hogares, en las industrias, y en todas las construcciones. Estas emisiones no dependen del lugar de generación de la energía, se reportan todos los consumos sin tener en cuenta el lugar de generación.

EEE – ALCANCE3

En este alcance se incluye las emisiones relacionadas con las pérdidas en los sistemas de transmisión y distribución de las diferentes formas de energía. Aunque puede haber muchas emisiones de este tipo que se generan por fuera del territorio, estas no se tienen en cuenta para este reporte.

CÁLCULOS DE EMISIONES RELACIONADAS CON LA COMBUSTIÓN ESTACIONARIA

$$\text{Emisiones} = \text{Consumo de combustibles} \times \text{Factor de emisión correspondiente}$$

Ecuación 3. Cálculo de emisiones provenientes de la energía estacionaria

De la ecuación 3. Se decide entonces que los datos de la actividad necesarios para calcular las emisiones es el consumo de los diferentes combustibles en la ciudad. Esta información puede obtenerse de varias maneras:

- Datos del consumo real de cada uno de los combustibles para cada sub-sector, estos deben ser obtenidos de los proveedores de los combustibles.
- Muestra representativa del consumo real de los combustibles proveniente de encuestas.
- Modelos que determinen el consumo real de los combustibles
- Datos de consumo real de combustibles a nivel regional o nacional, esta debe ser escalada usando la población o otros indicadores como factor de escala.

Edificios Residenciales, Comerciales y Facilidades de carácter institucional

Este sub-sector puede ser dividido posteriormente en diferentes categorías, pero no es necesario. Las emisiones provenientes de los edificios residenciales son aquellas que como su nombre lo dice prestan el servicio residencial. Los comerciales son aquellos complejos o construcciones dedicadas al comercio como tiendas, restaurantes, centros comerciales, etc. Por último las facilidades de carácter institucional incluye además de los edificios que prestan servicios institucionales a la comunidad, se encuentran todos los equipamientos como el alumbrado público, zonas comunes, escuelas públicas, hospitales, estaciones de policía, etc. En algunos casos puede haber energía que sea consumida por asentamientos informales, para este caso sus emisiones deben reportarse bajo el sub-sector residencial sin importar quien pague por su uso de energía.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

El GPC también tiene en cuenta que pueden existir construcciones que cumplan diferentes funciones al mismo tiempo, por lo que plantean varias estrategias para manejar estas situaciones

- En la mayoría de los casos la energía se cobra diferente dependiendo de su uso
- Cuando la industria sea la actividad principal dentro de una construcción debe designarse al sub-sector industrial
- El GPC no establece una definición particular para diferencias entre los trabajadores permanentes o los temporales. La entidad entonces debe aplicar las definiciones que se manejan dentro del territorio.
- En el caso de granjas las emisiones si deben dividirse según la actividad específica que las esté generando, es decir que si es para calentar o cocinar se debe considerar como emisiones de carácter residencial. Pero las actividades agrícolas y pecuarias deben ser reportadas bajo el sub-sector de agricultura, silvicultura y silvicultura.
- Para las situaciones en las que se tenga un consumo energético general de las granjas, se calculan las emisiones totales y luego se dividen según los porcentajes que se tengan del uso que se da dentro de las granjas.

Industrias manufactureras y de construcción.

En este sub-sector como se menciona se incluyen las emisiones provenientes de la actividad industrial y de construcción, más específicamente se basa en el consumo de combustibles para equipos estacionarios como calderas, motores, incineradores, turbinas, calentadores, etc. En las directrices del IPCC se encuentran determinadas cuales industrias deben analizarse por la relación directa que tienen con las emisiones de GEI; lo que debe hacer la entidad es mirar estas 13 categorías y establecer cuales se producen dentro de su territorio y luego entrar a calcular las emisiones. Este sub-sector puede ser un poco confuso y por lo tanto se aclaran los siguientes puntos dentro del GPC:

- La industria manufacturera de transporte y equipos de carrocería, es diferente al sector del transporte. Para este caso se tienen en cuenta las industrias relacionadas con la manufactura de vehículos, motores, barcos, trenes, aviones y locomotoras.

Las industrias que deben ser reportadas dentro del GPC son: Hierro y acero, Metales no ferrosos, químicos, papel, procesamiento de comida, bebidas y tabaco, minerales no metálicos, equipamiento de transporte, maquinaria, minería, madera y sub-productos, construcción, textiles y cuero, Industrias no especificadas.

Dentro de las industrias no especificadas, el GPC incluye el sistema de acueducto, disposiciones de sólidos, tratamiento de aguas residuales y sitios de disposición. Las emisiones de estas industrias no se interpretan como las demás, pues el consumo de combustibles en estas es para bombear las aguas, los sistemas de

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

recuperación de energía, entre otros. Además dependiendo de la entidad que controle estos sitios deben reportarse bajo la sub-sector de industrial (privado) o entidad pública.

Industrias Energéticas

Las actividades incluidas dentro de este sector son:

- Producción primaria de combustibles: minería de carbón, crudo y extracción de gas.
- Procesamiento de combustibles: Conversión de crudo a productos del petróleo, carbón a coque.
- Producción de energía suministrada a la red.

El sub-sector de las industrias energéticas puede dividirse en otras tres categorías: Generación, venta y distribución de energía, Uso auxiliar de energía, Cogeneración y trigeneración (CHP), plantas de calor, Refinería de petróleo, manufactura de combustibles sólidos, otras industrias energéticas.

Cuando la energía producida proviene de biocombustibles, sus emisiones asociadas deben reportarse bajo el alcance 1 de las industrias energéticas. Mientras que el CO₂ biogénico debe reportarse bajo la categoría de AFOLU.

Agricultura, silvicultura y Actividades Pecuarias.

El reporte incluye las emisiones de la combustión directa con fines agrícolas y pecuarias. Estas emisiones provienen de la operación de maquinaria y vehículos para realizar estas actividades: plantas de iluminación, bombas, calentadores, entre otros. Las siguientes categorías deben tenerse en cuenta cuando se analice este sub-sector:

- Operación de vehículos todoterreno y maquinaria usada para actividades agrícolas y pecuarias; Cuando estos sean usados para el transporte de cosas de un lugar a otro se reportan bajo el sector de transporte.

Fuentes no especificadas

Bajo esta sub-sector de incluyen las emisiones que se generan en fuentes que no han sido mencionadas, generalmente se incluyen las emisiones generadas en establecimientos militares.

CÁLCULO DE LAS EMISIONES FUGITIVAS DE LOS COMBUSTIBLES

Una porción de las emisiones de la energía estacionaria corresponde a las emisiones generadas en los procesos de extracción, transformación y transporte de combustibles fósiles primarios. Los dos sub-sectores principales a analizar son:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Minería, procesamiento, almacenamiento y transporte de carbón.

Se deben categorizar las emisiones de la minería y post-minería tanto de los procesos bajo tierra como aquellos realizados a cielo abierto. En algunos casos las emisiones de metano que se generan durante este proceso se recuperan para usarse como fuentes de energía, de ser así estas emisiones se reportan bajo la categoría de *energía estacionaria*. Pero cuando el metano recuperado es introducido a un sistema de distribución de gas las emisiones se deben reportar en el sub-sector de *Sistemas de petróleo y gas natural*. Por último si el metano es quemado se debe reportar bajo el sector de *Minería, procesamiento, almacenamiento y transporte de carbón*.

Para determinar la actividad minera de carbón se debe buscar la información directamente con la compañías mineras o las entidades reguladoras de la minería de carbón. Se deben reportar entonces las emisiones de la minería a cielo abierto, la minería subterránea, las emisiones durante y después del procesamiento del carbón.

Sistema de petróleo y de gas natural

Incluye las emisiones que se generan al producir, recolectar, procesar, refinar y entregar gas natural o petróleo al mercado. Se deben incluir actividades que se realicen por fuera del límite costero pero estén relacionadas con la ciudad como tal. Las siguientes emisiones no hacen parte de este sub-sector:

- Emisiones de captura y almacenamiento de carbón
- Emisiones que se dan dentro de las industrias que no están relacionadas con el sistema de gas natural o petróleo.
- Emisiones generadas por la disposición final

CÁLCULO DE LAS EMISIONES DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE LA RED

Estas emisiones son las de alcance 2 bajo el sector de energía estacionaria proveniente de toda la energía consumida dentro del territorio proveniente de la red. La forma más común de estas redes de suministro es la electricidad, pero también se pueden encontrar redes distribuidoras de vapor (calor) o agua refrigerada, conocidos como los distritos energéticos. Dependiendo de la estructura de la red las generadoras de energía pueden ubicarse dentro o fuera del límite de la ciudad. Para trabajar con estos sistemas de redes se pueden usar dos metodologías:

- Método en base de la ubicación: este método se basa en los factores de emisiones de orden local para la generación de energía, generado un factor de emisión promedio para la energía producida en una región. Se recomienda a la ciudad utilizar este método para calcular las emisiones de alcance 2 y documentar aparte las emisiones del método en base del mercado

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

- Método en base del mercado: este método se usa para entender el funcionamiento del mercado, de los consumidores individuales, la demanda energética, etc.

Además de las emisiones de alcance 2 se debe reportar el total de la energía consumida en MWh/ kWh/BTU, para darle más transparencia al inventario.

La información de la actividad necesaria para calcular estas emisiones puede ser:

- Datos del consumo real de la red de energía separada el tipo de consumidor: edificios, industrias, comercio, etc. Obtenidos de los proveedores de energía
- Muestra representativa del consumo real de la red de energía proveniente de encuestas.
- Modelos que determinen el consumo real de la red de energía
- Datos de consumo real de combustibles a nivel regional o nacional, esta debe ser escalada usando la población o otros indicadores como factor de escala

CÁLCULO DE LAS EMISIONES POR LAS PÉRDIDAS EN LA TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA.

Durante todo el proceso de producción de energía se dan pérdidas. Las emisiones asociadas a estas se deben reportar como emisiones de alcance 3 asociadas a las actividades de la ciudad. Para calcular la información de la actividad necesaria se debe multiplicar el factor de pérdida de la red que normalmente esta disponible por el consumo total de la red para cada tipo de energía. Para posteriormente multiplicar este valor por los factores de emisión determinados por la misma red.

$$\text{Pérdidas de energía} = \text{Consumo total de energía} \times \text{Factor de pérdida de la red}$$

Ecuación 4. Cálculo de las pérdidas de energía

$$\text{Emisiones por pérdidas de la red} = \text{Pérdidas de energía} \times \text{Factor de emisión}$$

Ecuación 5. Cálculo de las emisiones generadas por las pérdidas de la red

2.2.3 Transporte

Todas las ciudades deben reportar todas las emisiones relacionadas con la combustión de combustibles fósiles para actividades de transporte. La movilización dentro de la ciudad se reporta bajo las emisiones de alcance 1, la movilización por gas natural o electricidad se reporta bajo el alcance 2. Y las emisiones de alcance 3 se relacionan con el transporte por fuera del territorio.

El tránsito de una ciudad puede ser terrestre, marítimo, aéreo o ferroviario. Aunque muchos de ellos se dan solamente dentro de los límites de la ciudad, muchos traspasan estas fronteras. Al considerar una actividad móvil sus cálculos pueden ser más difíciles de realizar y puede que los resultados no representen la realidad de la situación; aunque el GPC lo considera vital para el inventario pues el transporte tiene un gran impacto sobre las emisiones de GEI. Bajo el sector de transporte

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

también se generan emisiones para los 3 alcances como me muestra en la Ilustración 13. Alcance de las Emisiones del transporte (ET).

Cada ciudad debe definir los medios de transporte que ocurren en su territorio:

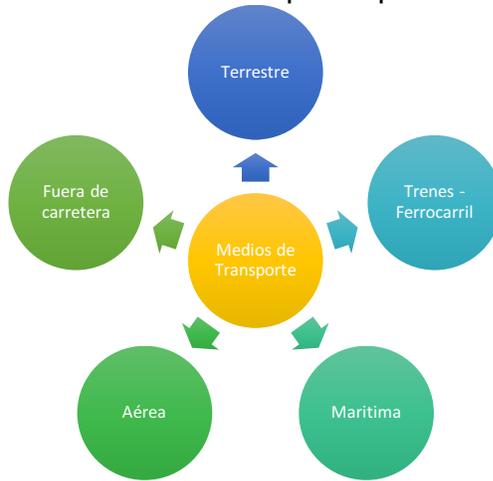


Ilustración 12. Medios de transporte considerados por el GPC

ET-ALCANCE 1	ET-ALCANCE 2	ET-ALCANCE 3
<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones del transporte que se da dentro de la ciudad 	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones del transporte que usa la red de electricidad como combustible 	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones de una parte del transporte por fuera de los límites de la ciudad, del transporte que se da por fuera de los límites, y por las pérdidas en el sistema de red.

Ilustración 13. Alcance de las Emisiones del transporte (ET)

ET – ALCANCE 1

Incluye todas las emisiones generadas por los viajes que se dan dentro de la ciudad.

ET – ALCANCE 2

Incluye todas las emisiones generadas por el uso de vehículos eléctricos dentro de la ciudad.

ET – ALCANCE 3

Se incluye las emisiones generadas por todos los viajes que se originen o terminen en la ciudad, los cuales pueden incluir una porción de emisiones que no se generan en la ciudad. Además deben incluirse las emisiones producidas por los grandes centros de tránsito regional como aeropuertos o puertos marítimos que sirvan a la ciudad aunque se encuentren por fuera del límite.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Transporte Terrestre

En este sub-sector se incluyen todos los vehículos, motocicletas, tractores, y camiones recolectores de basura. Por lo general estos vehículos utilizan combustibles líquidos o gaseosos, generando emisiones de CO₂, CH₄ y N₂O. En algunos casos parte significativa del parque automotor incluye vehículos eléctricos que pueden ser cargados dentro del límite o por fuera de este, para estos casos se debe hacer un estudio riguroso sobre los métodos usados por los usuarios para cargar sus vehículos y que no se valla a volver a contabilizar en el sector de *energía estacionaria*.

OPCIONES DE METODOLOGÍAS

Dentro del GPC no se establece una metodología específica como en otros casos por que para cada ciudad la información disponible puede variar mucho y en su mayoría manejan datos diferentes. Sin embargo, si se recomienda usar la metodología de actividad inducida pues es la que presenta los resultados más reales y detallados del sector. Las metodologías se pueden dividir en dos tipos: primero tenemos el análisis *top-down* ([Ecuación 6. Emisiones según el Top-Down análisis](#)), que hace un acercamiento por las ventas de combustibles generadas dentro de los límites de la ciudad. El otro tipo de metodología hace un análisis *bottom-up* ([Ecuación 7. Emisiones según el Bottom-Up análisis](#)) del parque automotor, en estas metodologías se requiere información mucho más detallada se basa en el una estructura conocida como ASIF.

$$\text{Emisiones del transporte terrestre} = \text{Combustible vendido} \times \text{Factor de emision}$$

Ecuación 6. Emisiones según el Top-Down análisis

$$\text{Emisiones del transporte terrestre} = \text{Actividad} \times \text{Tipo} \times \text{Intensidad} \times \text{Combustible}$$

Ecuación 7. Emisiones según el Bottom-Up análisis

De la [Ecuación 7. Emisiones según el Bottom-Up análisis](#), tenemos:

- Actividad: Kilómetros recorridos por vehículo
- Tipo: la porción de los viajes realizados en los diferentes tipos (carro, bus, bicicleta, tren, etc.)
- Intensidad: Energía consumida por cada vehículo
- Combustible: Factor del combustible basado en la composición del combustible disponible en el mercado.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Aunque el GPC establece que la metodologías más apropiadas son aquellas bajo el marco ASIF, cuando se están haciendo estudios iniciales se recomienda usar el acercamiento por la venta de combustibles.

METODOLOGÍA DE VENTA DE COMBUSTIBLE

Para hallar las emisiones con esta metodología se requiere multiplicar la cantidad de combustible vendido dentro de las fronteras de la ciudad (que son los datos de la actividad) por el porcentaje de los componentes del combustible vendido en cada territorio. Para luego poder multiplicar estos valores de CO₂, CH₄ y N₂O por los factores de emisión. Todas las emisiones calculadas por la venta de combustibles deberían reportarse como emisiones de alcance 1, sin embargo se pueden separar por medio de encuestas para localizar las emisiones de alcance 1 y 3.

METODOLOGÍA DE ACTIVIDAD INDUCIDA (Principio de origen-destino)

Esta metodología se basa en modelos de demanda y/o encuestas para determinar el total de viajes que sucedan en la ciudad y su duración, además cuantos de esos viajes se dan por fuera como dentro del territorio estudiado. Para aplicar esta metodología se necesitan los kilómetros recorridos, los tipos de vehículos usados, la intensidad o eficiencia de los vehículos y los factores de emisión de los combustibles.

Con el fin de realizar un reporte más preciso y más parecido a a realidad esta metodología permite estimar las emisiones que se dan por fuera de los límites establecidos de dos formas:

- Reportando solo el 50% de los viajes transfronterizos: del este 50% se asume que una porción acurren dentro de las fronteras (alcance 1) mientras que el el resto ocurre por fuera (alcance 3)
- Reportando solo los viajes que salen de la ciudad: Las ciudades pueden solo estimar las emisiones generadas por los viajes originados en la ciudad . en estos casos se reportan el 100% emisiones como alcance 1 y 3

METODOLOGÍA GEOGRÁFICA O TERRITORIAL

Esta solo calcula las emisiones de las actividades de transporte que se dan exclusivamente dentro de las fronteras sin tener en cuenta ni el origen ni el destino. Este modelo de demanda europeo se basada en el mismo marco ASIF y permite la cuantificación de GEI por medio de los kilómetros recorridos solamente dentro de la ciudad. Este modelo solo presenta emisiones de alcance 1, por lo cual se recomienda que se haga un estudio adicional para poder estimar las emisiones de alcance 3.

METODOLOGÍA DE ACTIVIDAD DE RESIDENTES

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Esta metodología se basa en las emisiones generadas por el transporte de los residentes de la ciudad. Requiere igualmente los kilómetros recorridos, los registros de los vehículos y encuestas a los residentes que se transportan. La mayor limitación que presenta esta metodología es que no estima las emisiones generadas por los no-residentes. Sin embargo esta metodología permita realizar un acercamiento Origen-Destino para poder ubicar las emisiones de alcance 1 y 3.

SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA APROPIADA

Para poder tomar la decisión correcta se debe hacer un análisis sobre la información disponible en cada caso, los modelos desarrollados y encuestas pertinentes. Si la ciudad no cuenta con un modelo desarrollado para calcular los datos necesarios se debe usar la *metodología de venta de combustible*, pues esta es la más sencilla y que requiere menos detalle. En caso de haber varios modelos y fuentes de información, se recomienda seguir usando los modelos usados anteriormente para mantener la consistencia a lo largo de la historia.

Emisiones del sistema de trenes- Ferrocarril

Por lo general estos sistemas se alimentan de energía eléctrica y pueden dividirse en 4 sub-categorías: Tren urbano o trenes subterráneos, Sistema Regional de ferrocarril, Sistema Nacional de ferrocarril y Sistema Internacional de ferrocarril. Dependiendo del sistema que haya en la ciudad se van a generar diferentes tipos de emisiones, pero todas siguen el mismo principio ya mencionado: aquellos viajes realizados dentro de la ciudad se reportan bajo las emisiones de alcance 1, los viajes que incluyan transporte fuera de las fronteras cuentan como alcance 3, y aquellos sistemas que se alimenten de la red eléctrica se reportan bajo las emisiones de alcance 2.

Para las emisiones de alcance 1 la información necesaria para calcularlas es el tipo de combustible, el tipo de transporte, las distancias recorridas dentro del territorio y las distancias recorridas por fuera del mismo. Para las emisiones de alcance 2 basta con el consumo de electricidad por parte del sistema de transporte. Por último para las emisiones de alcance 3 se calculan igual que las de alcance 1 y 2 dependiendo del tipo de combustible que use, solo que debe basarse en los kilómetros recorridos por fuera de los límites.

Emisiones del transporte marítimo

Estas emisiones se relacionan con los barcos, ferris y otro tipo de botes que operen dentro de los límites de la ciudad. Estas emisiones son una fuente significativa de contaminantes, pero su liberación a la atmósfera ocurre e su mayoría por fuera de las fronteras. Las directrices del IPCC permiten que se excluyan de los inventarios tanto los viajes marítimos como aéreos de carácter internacional, pero el GPC considera que debe estimarse para un mejor estudio. Las embarcaciones que se muevan solamente entre puertos de la ciudad se deben reportar como emisiones

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

de alcance 1 para el reporte básico, y las emisiones de embarcaciones que salgan de la ciudad sin importar su destino deben categorizarse como emisiones de alcance 3 en el reporte básico+.

Emisiones del transporte aéreo

Estas emisiones están asociadas con todos los vuelos, no solo aquellos que se dan dentro del territorio, sino que también incluye aquellos vuelos que salgan de los aeropuertos que sirvan a la ciudad. La estimación de estas emisiones al igual que las de el transporte marítimo son de gran complejidad pues los aeropuertos por lo general prestan servicios a nivel regional, nacional e incluso internacional. Por estas razones las emisiones de este sub-sector solo pueden ser de alcance 1 o 3, siendo las primeras las relacionadas a vuelos que se su trayectoria se límite a las fronteras del territorio analizado. Mientras que las segundas abarcan a todos los vuelos que salgan con destinos diferentes a locales, sin importar si es regional, nacional o internacional.

Para calcular estas emisiones se propone seguir los métodos de las emisiones por actividades inducidas planteadas para el transporte terrestre. El GPC recomienda dividir las emisiones entre los vuelos de carácter nacional y los de carácter internacional, para tener una mejor comprensión de la actividad.

CÁLCULO DE LAS EMISIONES DEL TRANSPORTE AÉREO

Las emisiones de alcance 1 incluyen todas las emisiones de la combustión directa de los vuelos que se dan solamente dentro de la frontera establecida, es decir que el vuelo sale y aterriza dentro del territorio. Por lo general estos vuelos son realizados por helicópteros y avionetas. Para calcular estas emisiones la información de la actividad necesaria es la cantidad de combustible suministrado a las aeronaves, la cual debe estar disponible en los aeropuertos, aerolíneas o las autoridades pertinentes. En caso de no tener acceso a esta información o no estar disponible se propone por medio de encuestas a las compañías obtener los datos. También se pueden hacer estimaciones dependiendo de los vuelos realizados y se puede escalar información de carácter nacional usando la población como factor de escala.

Las emisiones de alcance 2 son aquellas que involucran aeropuertos que carguen las aeronaves con electricidad.

Por último las emisiones de alcance 3 son aquellas relacionadas con todos los vuelos que salgan de los aeropuertos que sirven a la ciudad. Se debe identificar el tipo de combustible utilizado, cantidad suministrada y consumida por las aeronaves. Los cálculos siguen la misma metodología planteada para las emisiones de alcance 1, pero solo se pueden atribuir las emisiones de los vuelos que salen realizando la relación con la cantidad de pasajeros que son de la ciudad.

Emisiones del transporte por fuera de la carretera.

Estas emisiones hacen referencia a todos los vehículos todoterreno, equipos y maquinaria de construcción, buldóceres, cuatrimotos, motos de nieve y otros vehículos recreacionales. El GPC solo incluye las emisiones de alcance 1 y 2. Debido a que la disponibilidad de la información de este tipo de vehículos es muy restringida se proponen las siguientes metodologías para estimar las emisiones:

- Por medio de entrevistas.
- Usando modelos nacionales o regionales.
- Por medio de los registros de motores.
- Por medio del consumo nacional o regional de los combustibles de este tipo de vehículos.

2.2.4 Desperdicios

Para el reporte básico se debe incluir todas las emisiones de GEI provenientes de la disposición final o tratamiento de residuos que sean generados dentro de la ciudad. Las emisiones relacionadas a los residuos provenientes de otros lugares pero que son tratados en la ciudad no se reportan en el básico ni el el básico+, pero deben incluirse en las emisiones totales de alcance 1.

ED-ALCANCE 1	ED-ALCANCE 2	ED-ALCANCE 3
<ul style="list-style-type: none">• Emisiones del tratamiento y disposición final de los reiduos dentro de la ciudad	<ul style="list-style-type: none">• No aplican	<ul style="list-style-type: none">• Emisiones de los desechos producidos por la ciudad pero dispuestos por fuera del límite.

Ilustración 14. Alcance de las Emisiones de los Desechos (ED)

Emisiones de los Desechos sólidos

Los desechos sólidos generan emisiones de CO₂, CH₄ Y N₂O. El primer paso es determinar la composición de los residuos sólidos generados en la ciudad donde sea posible; en caso de no tener la caracterización apropiada el GPC permite usar los valores predeterminados por el IPCC. Los residuos sólidos se dividen en 4: Residuos sólidos municipales, Lodos provenientes del tratamiento de aguas residuales, Desechos industriales y los Residuos peligrosos y hospitalarios; En ciertas ocasiones las entidades encargadas de el tratamiento de los residuos mezclan los residuos industriales y algunos peligrosos y hospitalarios con los de carácter residencial, pero en otros casos estos son tratados de manera diferente debido a sus características. Por lo anterior se debe establecer cual es el tratamiento que se les da a los residuos en cada ciudad para luego poder calcular las emisiones.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

El metano es el principal gas producido por cualquier tipo de tratamiento de residuos, pero también se genera dióxido de carbono biogénico, compuestos orgánicos no volátiles de metano, óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono. Dentro del GPC solo se encuentra la metodología para calcular las emisiones de metano, sin embargo para poder presentar el reporte se debe consultar la guía del IPCC para calcular los otros gases.

CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE LOS DESECHOS SÓLIDOS

- Determinar la cantidad de residuos sólidos generados en la ciudad (Información de la actividad) y definir el tratamiento que se les da. Para la disposición en rellenos sanitarios se deben registrar los datos históricos de los residuos dispuestos. Si no se tiene acceso a esta información las guías del IPCC plantean unos valores genéricos que pueden usarse.
- Determinar el factor de emisión: Para la disposición final de residuos sólidos el factor de emisión se conoce como el potencial de generación de metano (L_0), que depende del contenido orgánico degradable (DOC).

$$DOC = (0,15 \times A) + (0,2 \times B) + (0,4 \times C) + (0,43 \times D) + (0,24 \times E) + (0,15 \times F)$$

Ecuación 8. Contenido de carbón orgánico degradable

De la Ecuación 8. Contenido de carbón orgánico degradable, tenemos que:

A= Fracción correspondiente a comida en la caracterización de residuos

B= Fracción correspondiente a residuos de jardinería en la caracterización de residuos

C= Fracción correspondiente a papel en la caracterización de residuos

D= Fracción correspondiente a madera en la caracterización de residuos

E= Fracción correspondiente a textiles en la caracterización de residuos

F= Fracción correspondiente a residuos industriales en la caracterización de residuos

$$L_0 = MCF \times DOC \times DOC_F \times F \times \frac{16}{12}$$

Ecuación 9. Potencial de generación de metano

De la Ecuación 9. Potencial de generación de metano, tenemos que

Variable	Descripción	Valor
MCF	Factor de corrección de metano para en el tipo de relleno utilizado en cada año	Gestionado = 1,0 No –Gestionado (>=5 metros de profundidad) = 0,8 No –Gestionado (<5 metros de profundidad) = 0,4 Sitio sin categoría= 0,6
DOC	Carbono orgánico degradable	Variable de entrada

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Cor

Elir
deg

Elir

Cor

DOC f	Fracción del DOC que no se degrada	0,6
F	Fracción de metano generado en el relleno	0,4 – 0,5
16/12	Radio estequiométrico entre el metano y el carbón	

Tabla 3. Variables para el cálculo de L0

- Multiplicar la cantidad de desperdicios dispuesto por los factores de emisión relevantes para encontrar las emisiones

METODOLOGÍAS PARA CALCULAR LAS EMISIONES GENERADAS POR LOS RESIDUOS

- Descomposición de primer orden (FOD): Esta metodología reporta las emisiones de los rellenos basándose en las emisiones de ese año, es decir que solo estima las emisiones generadas en el año de estudio, asumiendo que la DOC en los desperdicios va disminuyendo con el paso del tiempo. Este método es mucho más preciso y estima las emisiones anuales, pero requiere registros históricos de los residuos dispuestos. Debido a la gran complejidad de este modelo, las directrices del IPCC proveen un modelo en Excel en el cual se pueden realizar los cálculos según la información disponible (La categorización de los residuos dispuestos o por los residuos de gran tamaño). Los residuos industriales y lodos del tratamiento de aguas residuales se comportan de manera similar a los residuos de gran tamaño por lo que se puede usar el modelo de Excel. La información necesaria para poder aplicar este modelo es el registro actual de los desechos dispuestos, los años de operación del relleno, capacidad total del relleno, densidad y la cantidad actual de residuos en el lugar. Con estos datos se puede usar el modelo de Excel presentado en las guías del IPCC, cuyo proceso se demuestra en la Ecuación 9.

$$Emisiones\ de\ CH_4 = \left\{ \sum_x \left[MSW_x \times L_0(x) \times \left((1 - e^{-k}) \times e^{-k(t-x)} \right) \right] - R(t) \times (1 - OX) \right\}$$

Ecuación 10. Modelo de estimación de emisiones de descomposición de primer orden de los residuos enviados a rellenos sanitarios (FOD).

Donde

Variable	Descripción	Valor
x	Año en el que comenzó a operar el relleno o el registro más antiguo que se tenga	Variable de entrada

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

t	Año del inventario	Variable de entrada
MSW _x	Cantidad total de residuos sólidos dispuestos en el relleno en toneladas para el año x	Variable de entrada
R	Metano recolectado en el año x	Variable de entrada
L ₀	Generación potencial de metano	Variable de entrada
k	Proporción de generación de metano	Consultar los valores de la IPCC
OX	Factor de oxidación	0,1 en sitios adecuados de disposición. 0,0 en sitio no adecuados.

Tabla 4. Variables para calcular las emisiones según el modelo FOD

- Modelo del compromiso del metano: Determina las emisiones asociadas a los desecho sólidos enviados a los sitios de deposición final designados. Este modelo también usa la variable L₀ (Potencial de generación de metano) y usa la siguiente ecuación:

$$Emisiones\ de\ CH_4 = MSW_x \times L_0 \times (1 - f_{rec}) \times (1 - OX)$$

Ecuación 11. Estimación de emisiones mediante el modelo del compromiso de metano

La única variable diferente es f_{rec} , que es la fracción de metano recuperada del relleno.

Emisiones de residuos tratados biológicamente

Estas emisiones se asocian a los procesos aeróbicos de digestión orgánica y compostaje de residuos orgánicos. Estas actividades también generan metano, N₂O y CO₂ no-biogénico, gases que deben ser reportados según la cantidad de residuos que se reciben este tratamiento. Si en la ciudad no se da este tipo de tratamiento debe reportarse como una actividad no ocuriente.

$$Emisiones\ de\ CH_4 = \left(\sum_i (m_i \times F_{CH_4_i}) \times 10^3 - R \right)$$

Ecuación 12. Emisiones directas de CH₄ producidas por tratamientos biológicos

$$Emisiones\ de\ N_2O = \left(\sum_i (m_i \times EF_{N_2O_i}) \times 10^3 \right)$$

Ecuación 13. Emisiones directas de N₂O producidas por tratamientos biológicos

Variable	Descripción	Valor
m	Masa de residuos orgánicos tratados	Valor de entrada

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

EF_CH ₄	Factor de emisión de Metano basado en el tipo de tratamiento i	Valor por defecto del IPCC
EF_N ₂ O	Factor de emisión de N ₂ O basado en el tipo de tratamiento i	Valor por defecto del IPCC
i	Tipo de tratamiento : compostaje o digestión aeróbica	Valor de entrada
R	Toneladas total de metano recuperadas al año	Valor de entrada

Tabla 5. Variables para calcular las emisiones directas de los tratamientos biológicos de residuos

Emisiones de residuos que son incinerados

La incineración de residuos puede ser un proceso controlado para disponer cierta clases de residuos, que en su mayoría buscan recuperar energía dentro del proceso. Este proceso también puede darse de manera informal y por lo general no esta permitida. Las emisiones de estos dos tipos de incineración deben reportarse de manera separada pues la información que se usa es distinta.

Las emisiones de CO₂ generadas durante la incineración de residuos pueden estimarse con la cantidad de residuos incinerados en un lugar específico, el contenido de carbón de los residuos y la fracción de carbón presente en los residuos sólidos incinerados. Las emisiones de CH₄ y N₂O depende de las tecnologías y condiciones del proceso.

CÁLCULO DE EMISIONES PROVENIENTES DE REIDUOS INCINERADOS

Para poder calcular estas emisiones se debe tener la siguiente información:

- Masa total de los residuos sólidos incinerados.
- Tipo de tecnología usada
- Eficiencia energética del proceso

$$Emisiones\ de\ CO_2 = m \times \sum_i (WF_i \times dm_i \times CF_i \times FCF_i \times OF_i) \times (44/12)$$

Ecuación 14. Emisiones de CO₂ no-boigenico de la incineración de residuos.

Variable	Descripción	Valor
m	Masa de los residuos incinerados	Variable de entrada
WF _i	Fracción de los residuos del tipo i	Valor de entrada
dm _i	Contenido de materia seca	Valor de entrada
CD _i	Fracción de carbón presente en la materia seca	Valor por defecto del IPCC
FCF _i	Fracción de carbón fósil del carbono total presente	Valor por defecto del IPCC
OF _i	Factor de oxidación	Valor por defecto del IPCC
i	Tipo de sólidos incinerados	Valor por defecto del IPCC

Tabla 6. Variables para calcular las emisiones directas de la incineración de residuos

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

$$Emisiones\ de\ CH_4 = \sum_i (IW_i \times EF_i) \times 10^{-6}$$

Ecuación 15. Emisiones de metano de la incineración de residuos.

Variable	Descripción	Valor
IW_i	Cantidad de desechos sólidos de tipo i, incinerados en toneladas	Valor de entrada
EF_i	Factor de emisiones del metano	Valor por defecto
10^{-6}	Factor de conversión de g CH_4 a t CH_4	
i	Tipo de sólidos incinerados	Valor de entrada

Tabla 7. Variables para calcular las emisiones de metano directas de la incineración de residuos

$$Emisiones\ de\ N_2O = \sum_i (IW_i \times EF_i) \times 10^{-6}$$

Ecuación 16. Emisiones de N_2O de la incineración de residuos.

Variable	Descripción	Valor
IW_i	Cantidad de desechos sólidos de tipo i, incinerados en toneladas	Valor de entrada
EF_i	Factor de emisiones del N_2O	Valor por defecto
10^{-6}	Factor de conversión de g N_2O a t N_2O	
i	Tipo de sólidos incinerados	Valor de entrada

Tabla 8. Variables para calcular las emisiones de N_2O directas de la incineración de residuos

Emisiones del tratamiento de aguas residuales

Los plantas de tratamiento de aguas pueden realizar procesos aeróbicos o anaeróbicos. Cuando se usan procesos anaeróbicos se libera metano y ambos procesos producen N_2O . En cuanto a las emisiones de CO_2 provenientes de la quema de metano, no se reportan bajo esta sub-categoría pues se consideran emisiones de origen biogénico. Las ciudades deben reportar las emisiones del tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales.

CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE METANO DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Para poder realizar estos cálculos se debe tener los siguientes datos:

- Cantidad de aguas residuales generadas
- Tipo de tratamiento de las aguas residuales
- Fuente de las aguas residuales y su contenido orgánico
- Porción de aguas tratadas provenientes de lugares fuera del límite del inventario

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

$$TOW_i = P \times BOD \times I \times 365$$

Ecuación 17. Composición orgánica total de las aguas residuales domésticas

Variable	Descripción	Valor
P	Población en el año de estudio	Valor de entrada
BOD	Demanda biológica de oxígeno per cápita (DBO)	Valor de entrada
I	Factor de corrección para las aguas industriales	Valor por defecto: 1,25 para aguas recolectadas y 1,00 para aguas no recolectadas.

Tabla 9. Variables para calcular la composición orgánica total de las aguas residuales domésticas.

$$EF_j = B_0 \times MCF_j \times U_i \times T_{i,j}$$

Ecuación 18. Factor de emisión para cada tipo de tratamiento

Variable	Descripción	Valor
B ₀	Capacidad máxima de producción de metano	Valor por defecto: 0,6 kg CH ₄ / kg DBO o 0,25 kg CH ₄ / kg DQO
MCF _j	Factor de corrección de metano	Valor de entrada disponible en el IPCC
U _i	Fracción de la población	Valor de entrada disponible en el IPCC.
T _{i,j}	Grado de utilización del tratamiento de aguas residuales	Valor de entrada disponible en el IPCC

Tabla 10. Variables para calcular el factor de emisión para las aguas residuales domésticas.

$$Emisiones\ de\ CH_4 = \sum_i [(TOW_i - S_i) EF_i - R_i] \times 10^{-3}$$

Ecuación 19. Emisiones de Metano del tratamiento de aguas residuales

Variable	Descripción	Valor
TOW _i	Contenido Orgánico	Valor de entrada
EF _j	Factor de emisión	Valor de entrada
S _i	Componente orgánico removido como lodo	Valor de entrada
R _i	Cantidad de metano recuperado	Valor de entrada
I	Tipo de aguas residuales	Valor de entrada

Tabla 11. Variables para calcular las emisiones de metano del tratamiento de aguas residuales

CÁLCULO DE LAS EMISIONES DE N₂O DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El GPC solo tienen en cuenta las emisiones indirectas de N₂O, pues considera que las emisiones directas son una minoría.

$$Emisiones\ de\ N_2O$$

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

$$= [(P \times Proteína \times F_{NPR} \times F_{NON-CON} \times F_{IND-COM}) - N_{lodo}] \times EF_{afluente} \times 44/28 \times 10^{-3}$$

Ecuación 20. Emisiones indirectas de N2O del tratamiento de aguas residuales

Variable	Descripción	Valor
P	Total de población beneficiada con el servicio	Valor de entrada
Proteína	Consumo anual de proteína per cápita	Valor de entrada
F _{NON-CON}	Factor de corrección para los no consumidores de proteína	Valor por defecto, 1,1 para países sin trituradores de basura y 1,4 para países con trituradores de basuras
F _{NPR}	Fracción de nitrógeno en la proteína	0,16 kg N / kg proteína
F _{IND-COM}	Factor industrial y comercial para la descarga de proteínas	1,25
N _{LODO}	Nitrógeno removido en los lodos	0
EF _{AFLUENTE}	Factor de emisión para N ₂ O	0,005

Tabla 12. Variables para calcular las emisiones indirectas de N2O del tratamiento de aguas residuales

2.2.5 Procesos Industriales y Uso de productos (IPPU)

Estas emisiones resultan de actividades industriales distintas a las ya planteadas, son actividades que no están relacionadas con el uso de combustibles fósiles y a la utilización de diferentes productos. Estas emisiones solo se tienen en cuenta para reportes Básico+, por lo cual no se abordará mucho el tema pues no será objeto de estudio en este reporte.

Las emisiones generadas en este sector son:

EIPPU-ALCANCE 1	EIPPU-ALCANCE 2	EIPPU-ALCANCE 3
<ul style="list-style-type: none"> Emisiones procesos industriales y el uso de productos dentro dla ciudad 	<ul style="list-style-type: none"> No aplican 	<ul style="list-style-type: none"> Estas emisiones no se incluyen en el reporte pero si se considera necesario puede reportarse como otras emisiones de alcance3

ACTIVIDADES GENERADORAS DE EMISIONES

Las actividades que se tienen en cuenta para este sub-sector incluye la industria de minerales como cemento, limos, vidrio , la industria química, y la industria de metales. También se tiene encuentra la industria electrónica, el uso de algunos combustibles y solventes, del uso de refrigerantes, aerosoles, limpiadores, etc.

2.2.6 Agricultura, Silvicultura y otros usos del suelo (AFOLU)

Estas emisiones son producto de los cambios de los usos del suelo, alteración en la composición del mismo y las emisiones de metano producidas por las diferentes actividades pecuarias. Al igual que el sector IPPU, estas solo se tienen en cuenta

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

para reportes Básico+, por lo cual no se abordará mucho el tema pues no será objeto de estudio en este reporte.

Las emisiones generadas en este sector son:

EIPPU-ALCANCE 1	EIPPU-ALCANCE 2	EIPPU-ALCANCE 3
<ul style="list-style-type: none">• Emisiones procesos agrícolas, cambios de usos del suelo dentro del límite de la ciudad	<ul style="list-style-type: none">• No aplican	<ul style="list-style-type: none">• Estas emisiones no se incluyen en el reporte pero si se considera necesario puede reportarse como otras emisiones de alcance3

ACTIVIDADES GENERADORAS DE EMISIONES

Para estimar las emisiones de este sector se tienen en cuenta básicamente las siguientes actividades: quema de biomasa por deforestación, ganadería, manejo de estiércol, agricultura, aplicación de fertilizantes y el cultivo de arroz.

2.3 PARTE 3: CREACIÓN DE METAS Y MONITOREO DE LOS GEI

2.3.1 Establecimiento de metas y estrategias de monitoreo de los GEI

Esta parte del protocolo se encarga de interpretar los resultados obtenidos en el inventario y convertirlos en bases para la generación de nuevas estrategias y metas para disminuir y mitigar las emisiones de los GEI. Todo esto forma parte de un proceso de continuidad que permite que las ciudades creen planes a largo plazo con el fin de disminuir sus emisiones, de innovar en nuevas soluciones e incluso lograr disminuciones en costos asociados a la contaminación atmosférica.

2.3.2 Calidad del inventario y verificación

El inventario no requiere que los resultados sean verificados, pero si se recomienda que se haga una verificación para que los resultados generen más confianza. El GPC determina las diferentes maneras en que las que las ciudades pueden establecer estos planes de verificación y manejo de los inventarios.

3. DESARROLLO DEL INVENTARIO Y REPORTE DE EMISIONES DE CO₂ EQ GENERADAS EN EL VALLE DE ABURRÁ PARA EL 2015

3.1 DESCRIPCIÓN DEL LÍMITE DEL INVENTARIO.

3.1.1 Descripción del límite geográfico

El Valle de Aburrá como su nombre lo indica es una depresión de la cordillera central ubicada en el centro-sur del departamento de Antioquia, Colombia (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2013). Esta depresión o Valle se extiende a lo largo del Río Medellín y se rodea por diferentes formas montañosas (Hermelin, 2007), lo que ha propiciado el desarrollo y consolidación de 10 municipios en su interior: Barbosa, Bello, Caldas, Copacabana, Envigado, Girardota, Itagüi, La Estrella, Medellín y Sabaneta (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2013).

Al considerarse el Valle de Aburrá como el segundo conglomerado urbano más importante del país por su extensión territorial y actividades económicas (Alcaldía de Medellín; Área Metropolitana Valle de Aburrá, 2011), se decide realizar el inventario de emisiones de CO₂ para el territorio comprendido entre estos 10 municipios como se muestra en la [Ilustración 15. Área Metropolitana del Valle de Aburrá \(Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2013\)](#).

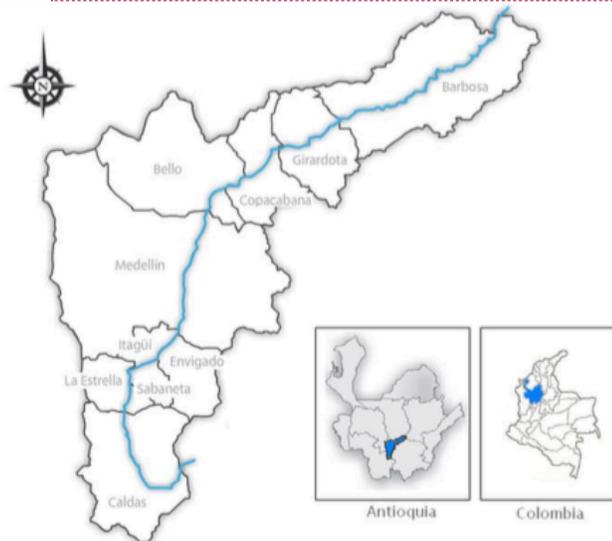


Ilustración 15. Área Metropolitana del Valle de Aburrá (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2013).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

3.1.2 Estado de actividades realizadas dentro del límite geográfico

Luego de haber analizado la metodología planteada por el GPC, se realizó un estudio sobre todas las actividades generadoras de emisiones de GEI que se dan dentro del Valle de Aburrá, que pueden ser consultadas en la [Tabla 18.](#) sin embargo en el Anexo 1 se puede encontrar el estudio detallado para cada actividad analizada con sus respectivas referencias.

3.1.3 Exclusiones realizadas

Transporte y distribución de petróleo (gasolina) y gas natural dentro de los límites de la ciudad.

Debido a la falta de información disponible sobre los factores de emisiones fugitivas de esta actividad y el pequeño porcentaje que esta actividad representa a nivel nacional se decide no incluir estas emisiones en el inventario. Además el estudio para la gestión de emisiones de GEI de las empresas públicas de Medellín, quien esta encargada de la transmisión y distribución del gas natural muestra la poca relevancia de estas emisiones:

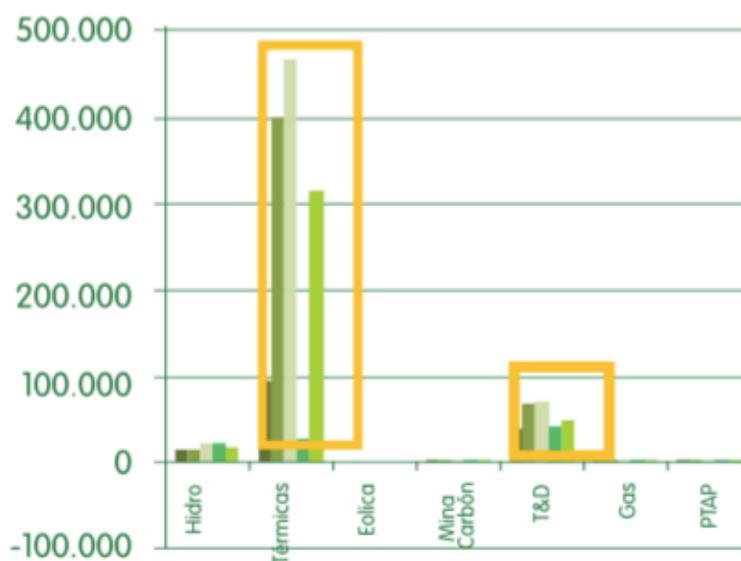


Ilustración 16. Emisiones desde el 2008 al 2012 de cada proceso y actividad realizada por EPM. Información tomada de: (Empresas Publicas de Medellín, 2014)

Movilización de vehículos eléctricos dentro de los límites de la ciudad, Porción de los viajes por fuera del límite y las Pérdidas por transmisión y distribución de la red eléctrica para los vehículos eléctricos.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Aunque en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá se encuentran carros eléctricos y estaciones de servicio para este tipo de vehículos, la operación oficial de estas comenzó en diciembre del 2015 (F. Gomez Cuervo, comunicación personal, Septiembre 1, 2016), por lo cual no se estimaron las emisiones ni del consumo eléctrico ni las de pérdidas generadas por este consumo para el transporte.

Por otro lado, como se decidió trabajar con la metodología de consumo de combustibles para el transporte terrestre, la metodología sugiere que las emisiones reportadas sean consideradas de alcance 1 en su totalidad, es decir que se asume que no hay emisiones que se generen por fuera del inventario asociadas al transporte terrestre.

Generación de residuos dentro del límite del inventario, que son tratados biológicamente por dentro del mismo límite.

Aunque en el Valle de Aburrá si se tienen registros que indican que dentro de las mismas unidades residenciales se realizan procesos de aprovechamiento y tratamiento biológico de residuos y que tienen proyectos a escala local para tratar estos residuos, no se pudo determinar la cantidad de residuos tratados, por lo cual las emisiones de alcance 1 de esta actividad no se podrán estimar.

Generación de residuos por fuera del límite del inventario, que son tratados biológicamente dentro del mismo límite.

Se decide no incluir estas emisiones pues no se puede asegurar con certeza la procedencia los residuos tratados en la planta de tratamiento ubicada en el relleno el Guacal, por lo cual se decide asumir que el 100% de los residuos tratado provienen del Valle de Aburrá. Además esta planta esta ubicada por fuera del límite.

Incineración de Residuos.

Luego de revisar la información suministrada por el IDEAM, no resulta posible determinar que cantidad de residuos son incinerados y cuales son llevados a procesos de desactivación, por lo cual no se incluirán estas emisiones en el inventario (IDEAM, 2016).

Sector AFOLU, IPPU y otras emisiones de alcance 3.

Como el alcance de este acercamiento es realizar el inventario básico no se tendrán en cuenta estos sectores.

3.1.4 Estudios anteriores realizados en el área de estudio

Inventario de Gases con Efecto Invernadero en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Colombia: Línea base para evaluar políticas de mitigación y adaptación al cambio climático en áreas urbanas.

Este inventario se realizó con el objetivo de estimar las emisiones de GEI en el Valle de Aburrá durante el 2009 y 2011, según los sectores establecidos en las directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC). El inventario se realizó para 6 gases: CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆; en 4 sectores generadores de emisiones: Energía, Procesos industriales y uso de productos –IPPU, Residuos, Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra – AFOLU.

EMISIONES TOTALES DE GEI POR TIPO DE GAS DURANTE EL 2009 Y 2011

EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO EN EL VALLE DE ABUURA DURANTE EL 2009 Y 2011				
CONTAMINANTE	2009		2011	
	CO ₂ -eq (Gg)	% Participación	CO ₂ -eq (Gg)	% Participación
CO ₂ neto	4.009,02	91,78	4.049,19	91,90
CH ₄	190,39	4,36	169,9	3,86
N ₂ O	138,71	3,18	145,78	3,31
SF ₆	0,67	0,02	1,35	0,03
HFC	29,44	0,68	39,2	0,90
PFC	0,04	0,001	0,46	0,01
Total	4.368,27	100	4.405,88	100

Tabla 13. Emisiones totales de GEI por tipo de gas, para el 2009 y 2011. Fuente de Información: (Área Metropolitana Valle de Aburrá, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad Nacional de Colombia , 2016)

EMISIONES TOTALES DE GEI POR SECTOR EMISOR DURANTE 2009 Y 2011

EMISIONES DE GASES EFECTO INVERNADERO EN EL VALLE DE ABUURA DURANTE EL 2009 Y 2011				
SECTOR	2009		2011	
	CO ₂ (Gg)	% Participación	CO ₂ (Gg)	% Participación
ENERGÍA	4.245,31	94,03	4.298,41	93,71
IPPU	216,02	4,78	235,35	5,13
AFOLU	52,21	1,16	51,86	1,13
RESIDUOS	1,44	0,03	1,43	0,03
Total	4.515,97	100	4.587,05	100

Tabla 14. Emisiones totales de GEI por tipo de emisor, para el 2009 y 2011. Fuente de Información: (Área Metropolitana Valle de Aburrá, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad Nacional de Colombia , 2016)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Inventario de Emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá, año base 2013

Este inventario se realizó por un convenio de asociación entre el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y la Universidad Pontificia Bolivariana, cuyo objetivo es actualizar el modelo de emisiones atmosféricas con año base 2013 para fuentes fijas, fuentes aéreas y fuentes móviles, a través de los modelos LEAP, IEFI y MODEAM. Este inventario apunta al estudio de emisiones de contaminantes criterio que pueden alterar la calidad del aire en el Valle de Aburrá, sin embargo también incluyen la cuantificación de emisiones de algunos gases efecto invernadero (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2015). Es necesario aclarar que este inventario no sigue las directrices planteadas por el GPC, sin embargo esta relacionado con el tema de estudio y por eso resulta pertinente incluirlo como caso de estudio.

FUENTES MÓVILES

Se estimaron las emisiones provenientes de las fuentes móviles y la demanda energética del parque automotor del Valle de Aburrá por medio del modelo LEAP (Sistema de planteamiento de alternativas energéticas a largo plazo). Según los datos presentados para el 2013 el parque automotor del Valle de Aburrá contaba con un total de 1'055.540 vehículos (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2015). Luego de introducir las variables (Existencias de vehículos y ventas, el kilometraje recorrido por vehículo al año, rendimiento del combustible, los factores de emisiones y el consumo de energía) al modelo LEAP se obtuvieron los resultados mostrados a continuación:

EMISIONES DE CONTAMINANTES POR CATEGORÍA VEHICULAR EN TON, EN EL 2013								
Categoría	CO	NOx	SOx	VOC	PM2.5	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Autos	48.201	2.913	149	2.381	73	956.606	5.070	35
Taxis	2.210	678	37	117	28	297.650	106	8
Buses	12.461	3.453	22	1.102	137	422.270	284	8
Camiones	60.914	5.908	26	3.382	611	663.006	3.797	13
Metroplús	22	1	0	0	0	2.174	4	0
Motos 2T	5.672	7	3	2.457	55	16.609	322	0
Motos 4t	21.636	503	47	4.539	255	248.019	594	0
Total	151.117	13.462	283	13.978	1.159	2'606.333	10.176	63

Tabla 15. Emisiones de Contaminantes Atmosféricos por fuentes móviles en el Valle de Aburrá para el 2013. Obtenidos de (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2015)

Para ver los valores correspondientes a las emisiones se puede dirigir al documento original.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

FUENTES AEREAS: RELLENO SANITARIO

Este inventario solo cuenta con las emisiones asociadas al relleno sanitario de la pradera, en el cual para el 2012 se habían dispuesto 6'175.878 toneladas de residuos. Para estimar las emisiones relacionadas al relleno este inventario utilizo el modelo LandGEM versión 3.02, desarrollado por la agencia de protección ambiental de los estados unidos de américa, herramienta que estima las emisiones de biogás, CO₂ y CH₄, Compuestos orgánicos no metálicos y otras emisiones. Este modelo esta disponible desde el 2005 y según los cálculos realizados para el 2013, se obtuvo que en el respectivo año se emitió un total de 15.383 toneladas de CH₄ y 63.532 toneladas de CO₂ (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2015). Sin embargo, este modelo no tiene en cuenta las emisiones que son generadas por el resto de residuos que fueron dispuestos en otros rellenos, y los residuos que no se llevan al relleno, si no que pueden aprovechados en compostajes y puede recibir recibir un tratamiento diferente debido a su procedencia y/o composición.

FUENTES FIJAS

La estimación de emisiones provenientes de fuentes fijas que han trabajado en varias ocasiones sigue la misma metodología que relaciona la actividad industrial, con el factor de emisión para cada actividad y la eficiencia de los equipos usados en cada actividad. Los factores de emisión usados para esta parte del inventario son los de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, y algunos factores de emisiones son de la Agencia Ambiental Europea. La información acerca de las industrias y empresas presentes en el Valle de Aburrá se obtuvo de la base de datos creada por los desarrolladores del inventario con la colaboración del grupo de Control y Vigilancia del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, la cual se ha ido ampliando y completando cada vez que se hace la actualización del inventario. Luego de realizar el análisis pertinente sobre la información y se realizaron correcciones necesarias se registraron para el año 2013 151 fuentes de emisión con actividad industrial (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2015).

Estas 151 fuentes industriales de emisiones se clasifican de acuerdo a su actividad productiva:

Actividad	DESCRIPCÓN
BAT	Producción de alimentos, bebidas y tabaco
TXT	Producción de textiles y confección de prendas, procesamiento de telas incluyendo procesos de teñido
CVL	Producción de cerámicos y vítreos. Incluye ladrilleras, alfareras, tejares e industria cerámica
PAP	Producción de papel, cartón, pulpa y todas actividades relacionadas a este sector como la impresión

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

PCE	Plásticos, cauchos y empaques. Incluye la fabricación de llantas
MMC	Producción de metalmecánica, fundición y manejo de metales como el hierro, metales no ferrosos. Producción de maquinaria eléctrica y no eléctrica
QMC	Producción de compuestos químicos, producción de jabones, pinturas y resinas
CUR	Producciones y procesamientos de cueros y calzado
ASF	Procesamiento de derivados de petróleo, producción de asfaltos y explotación y tratamiento de triturados.
TER	Industrias de carácter terciario que utilicen en sus procesos hornos o calderas
MAD	Procesamiento y manejo de madera y subproductos
OTR	Otras industrias que no se pueden clasificar en los campos anteriores.

Tabla 16. Clasificación de Industrias generadoras de emisiones según el AMVA y la UPB, para el 2014 (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2015).

Las emisiones encontradas para las diferentes actividades productivas en el año 2014 fueron:

EMISIONES DE CONTAMINANTES POR CATEGORÍA VEHICULAR EN TON, EN EL 2014										
Actividad	CO	NOx	SOx	VOC	PM	PM10	PM2.5	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
BAT	314,7	193,8	134,7	529,8	81,3	36,5	21,2	75.855	7,62	1,26
TXT	1.694,6	1.374,7	2.040,3	95,5	634,3	277,5	99,7	534.514	33,88	7,89
CVL	699,0	780,4	242,4	264,9	464,0	95,7	48,3	175.609	4,19	1,94
PAP	66,8	101,6	149,4	2,7	92,3	59,9	24,7	61.968	1,28	1,04
PCE	10,1	12,9	11,8	185,8	9,9	5,4	2,4	6.832	0,16	0,12
MMC	236,1	49,5	60,8	11,2	81,6	21,3	12,2	32.328	3,51	0,55
QMC	85,3	129,1	165,6	6,8	187,3	64,8	26,6	87.783	1,72	1,52
CUR	66,1	69,2	144,8	6,5	89,0	56,1	18,9	23.139	1,96	0,34
ASF	35,8	30,6	25,6	3,1	6,3	1,7	1,1	31.604	0,92	0,55
TER	10,8	13,0	1,2	0,5	0,2	0,0	0,0	10.728	0,21	0,20
MAD	107,4	68,9	4,2	6,9	66,7	59,6	51,3	72.464	3,48	2,49
OTR	3,4	20,0	0,4	122,5	6,2	0,2	0,0	5.461	0,11	0,24
TOTAL	3.330,0	2.843,8	2.981,3	1.236,1	1.719,0	688,8	306,5	1'120.285	59,02	18,14

Tabla 17. Distribución de emisiones por fuentes fijas de acuerdo a la actividad productiva, para el Valle de Aburrá durante el 2014. Tomado de (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2015)

Además de las emisiones ya mencionadas, este inventario cuantificó las emisiones de contaminantes que son considerados peligrosos para la salud del ser humano producidas por las mismas actividades productivas (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2015). Debido a que estas emisiones no se consideran como GEI no se mencionaron en el documento.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Inventario de Gases de Efecto Invernadero generados por actividades agrícolas en el Valle de Aburrá.

Este inventario busca estimar las emisiones de GEI generadas por el sector agrícola del área Metropolitana del Valle de Aburrá, por medio de las directrices del IPCC. Se estimaron las emisiones de alcance 1 en las tierras de cultivo, fuentes agregadas y emisiones de gases no CO₂ en las tierras (García, 2014).

Para el 2011 se estimaron un total de 66 Gg de CO₂ equivalente, mientras que en el 2009 se estimaron 63,1 Gg. La actividad agrícola que más emisiones generó fue el uso de fertilizantes nitrogenados sintéticos y orgánicos que generan emisiones directas e indirectas de N₂O. Debe notarse que los factores de emisión utilizados en este estudio son los factores predeterminados por el IPCC, lo cual genera un gran porcentaje de incertidumbre para el estudio del Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (García, 2014)

3.1.5 Definición del alcance del reporte

Este reporte solo incluirá las emisiones del reporte básico, debido a que es la primera vez que se realiza el estudio y se busca hacer un acercamiento básico a la metodología y la información disponible para el territorio del Valle de Aburrá. Para resumir entonces, incluyendo las exclusiones realizadas y las actividades generadoras que no se estén presentando en el Valle de Aburrá se tiene lo siguiente:

Ref. en el GPC	Alcance	Actividades generadas de emisiones GEI	Ocurrencia en el Valle de Aburrá	Calidad de la info.	Incluida en el Inventario
1		SECTOR: ENERGÍA ESTACIONARIA			
1.1		<i>Sub-sector: Edificios Residenciales</i>			
1.1.1	1	Consumo de combustibles fósiles dentro del límite de la ciudad	Si	Alta	Si
1.1.2	2	Consumo de la Red eléctrica dentro del límite de la ciudad	Si	Alta	Si
1.1.3	3	Pérdidas por transmisión y distribución de la red eléctrica	Si	Alta	Si
1.2		<i>Sub-sector: Edificios Comerciales, Institucionales e identidades públicas</i>			
1.2.1	1	Consumo de combustibles fósiles dentro del límite de la ciudad	Si	Alta	Si
1.2.2	2	Consumo de la Red eléctrica dentro del límite de la ciudad	Si	Alta	Si
1.2.3	3	Pérdidas por transmisión y distribución de la red eléctrica	Si	Alta	Si
1.3		<i>Sub-sector: Industrias manufactureras y de construcción</i>			

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

1.3.1	1	Consumo de combustibles fósiles dentro del límite de la ciudad	Si	Media	Si
1.3.2	2	Consumo de la Red eléctrica dentro del límite de la ciudad	Si	Alta	Si
1.3.3	3	Pérdidas por transmisión y distribución de la red eléctrica	Si	Alta	Si
1.4		<i>Sub-sector: Industrias Energéticas</i>			
1.4.1	1	Consumo de combustibles usada para la operación plantas generadoras auxiliares dentro del límite de la ciudad	Si	Alta	Si
1.4.2	2	Consumo de energía eléctrica usada para la operación de plantas generadoras auxiliares dentro del límite de la ciudad	Si	Alta	Si
1.4.3	3	Pérdidas por la de energía usada para la operación de plantas generadoras auxiliares	Si	Alta	Si
1.4.4	1	Generación de energía suministrada a la red	No	Alta	No
1.5		<i>Sub-sector: Agricultura, Silvicultura y Piscicultura</i>			
1.5.1	1	Consumo de combustibles fósiles dentro del límite de la ciudad	Si	Baja	Si
1.5.2	2	Consumo de la Red eléctrica dentro del límite de la ciudad	Si	Baja	Si
1.5.3	3	Pérdidas por transmisión y distribución de la red eléctrica	Si	Baja	Si
1.6		<i>Sub-sector: Fuentes no especificadas</i>			
1.6.1	1	Consumo de combustibles fósiles dentro del límite de la ciudad	Si	Baja	Si
1.6.2	2	Consumo de la Red eléctrica dentro del límite de la ciudad	Si	Baja	Si
1.6.3	3	Pérdidas por transmisión y distribución de la red eléctrica	Si	Baja	Si
1.7		<i>Sub-sector: Emisiones fugitivas de la extracción, procesamiento, almacenamiento y transporte de carbón</i>			
1.7.1	1	Procesamiento de carbón dentro de los límites de la ciudad	No	-	No
1.7		<i>Sub-sector: Emisiones fugitivas del sistema de petróleo y gas natural</i>			
1.7.1	1	Transporte y distribución de petróleo (gasolina) y gas natural dentro de los límites de la ciudad	Si	Baja	No
2		SECTOR: TRANSPORTE			
2.1		<i>Sub-sector: Transporte Terrestre</i>			
2.1.1	1	Combustión de combustibles fósiles por vehículos, motos, buses, et.	Si	Alta	Si
2.1.2	2	Movilización de vehículos eléctricos dentro del los límites de la ciudad	Si	Alta	No

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

2.1.3	3	Porción de los viajes por fuera del límite y las Pérdidas por transmisión y distribución de la red eléctrica par a los vehículos eléctricos	Si	Alta	No
2.2		<i>Sub-sector: Sistema de Trenes</i>			
2.2.1	1	Combustión de combustibles fósiles por trenes, ferrocarriles, metros, etc.	No	N/A	No
2.2.2	2	Movilización del sistema férreo eléctrico.	Si	Alta	Si
2.2.3	3	Porción de los viajes por fuera del límite y las Pérdidas por transmisión y distribución de la red eléctrica par a los vehículos eléctricos	Si	Media	Si
2.3		<i>Sub-sector: Transporte Marítimo</i>			
2.3.1	1	Combustión de combustibles fósiles por barcos, Ferris, lanchas, etc. Dentro de los límites de la ciudad	No	N/A	No
2.3.2	2	Transporte marítimo por barcos eléctricos dentro del los límites de la ciudad	No	N/A	No
2.3.3	3	Porción de los viajes marítimos por fuera del límite y las Pérdidas por transmisión y distribución de la red eléctrica par a los vehículos eléctricos	No	N/A	No
2.4		<i>Sub-sector: Transporte Aéreo</i>			
2.4.1	1	Combustión de combustibles fósiles por cualquier tipo de aeronave dentro del límite.	No	N/A	No
2.4.2	2	Movilización de cualquier aeronave por medio de suministro eléctrico.	No	N/A	No
2.4.3	3	Porción de los viajes aéreos por fuera del límite y las Pérdidas por transmisión y distribución de la red eléctrica par a los vehículos eléctricos	Si	Media	Si
2.5		<i>Sub-sector: Transporte Fuera de Carretera</i>			
2.5.1	1	Combustión de combustibles fósiles por cualquier tipo de vehículo para carrera destapada	Si	Baja	Si
2.5.2	2	Movilización de cualquier tipo de vehículo para carrera destapada por medio de suministro eléctrico.	No	N/A	No
3		SECTOR: RESIDUOS			
3.1		<i>Sub-sector: Disposición Residuos Sólidos</i>			
3.1.1	1	Generación de residuos dentro del límite del inventario, que son dispuestos dentro del mismo límite.	No	N/A	No
3.1.2	3	Generación de residuos dentro del límite del inventario, que son dispuestos por fuera del mismo límite.	Si	Media	Si
3.1.3	1	Generación de residuos por fuera del límite del inventario, que son dispuestos dentro del mismo límite.	No	N/A	No
3.2		<i>Sub-sector: Tratamiento Biológico de Residuos</i>			

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

3.2.1	1	Generación de residuos dentro del límite del inventario, que son tratados biológicamente dentro del mismo límite.	Si	Baja	No
3.2.2	3	Generación de residuos dentro del límite del inventario, que son tratados biológicamente por fuera del mismo límite.	Si	Media	Si
3.2.3	1	Generación de residuos por fuera del límite del inventario, que son tratados biológicamente dentro del mismo límite.	Si	Baja	No
3.3		<i>Sub-sector: Incineración de Residuos</i>			
3.3.1	1	Generación de residuos dentro del límite del inventario, que son incinerados dentro del mismo límite.	Si	Baja	No
3.3.2	3	Generación de residuos dentro del límite del inventario, que son incinerados por fuera del mismo límite.	Si	Baja	No
3.3.3	1	Generación de residuos por fuera del límite del inventario, que son incinerados dentro del mismo límite.	Si	Baja	No
3.3		<i>Sub-sector: Tratamiento de Aguas Residuales</i>			
3.3.1	1	Generación de aguas residuales dentro del límite del inventario, que son tratadas dentro del mismo límite.	Si	Media	Si
3.3.2	3	Generación de aguas residuales dentro del límite del inventario, que son tratadas por fuera del mismo límite.	No	N/A	No
3.3.3	1	Generación de aguas residuales por fuera del límite del inventario, que son tratadas dentro del mismo límite.	No	N/A	No
4		SECTOR: PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTO			
4.1.1	1	Actividades industriales que ocurren dentro del límite del inventario	Si	N/A	No
4.1.2	1	Uso de algunos productos dentro del límite del inventario	Si	N/A	No
5		SECTOR: AGRICULTURA, SILVICULTURA Y OTROS USOS DEL SUELO			
4.1.1	1	Actividades ganaderas que ocurren dentro del límite del inventario	Si	N/A	No
4.1.2	1	Cambio en los usos del suelo dentro del límite del inventario	Si	N/A	No
3.1.3	1	Fuentes de agregados y diferentes sustancias al CO ₂ dentro del límite del inventario	Si	N/A	No
5		SECTOR: OTRAS EMISIONES DE ALCANCE 3			
4.1.1	1	Otras actividades generadoras de emisiones de alcance 3	Si	N/A	No

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Tabla 18. Resumen del alcance y actividades generadoras de emisiones en el Valle de Aburrá, de acuerdo a la calidad de la información encontrada.

3.1.6 Descripción del área de estudio

El Valle de Aburrá está compuesto por 10 municipios y abarca un área total de 1.152 Km², de los cuales 340 son de suelo urbano y 812 de suelo rural (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2007), y albergó en el 2015 un estimado de 3'776.917 personas.

Municipio	Población proyectada para el 2015
Medellín	2'464.322
Barbosa	50.050
Bello	455.807
Caldas	77.854
Copacabana	70.171
Envigado	222.410
Girardota	54.219
Itagüí	267.872
La Estrella	62.344
Sabaneta	51.868
TOTAL	3'776.917

Tabla 19. Proyecciones de la Población para el 2015 (DANE, 2005).

ECONOMÍA

La economía del Valle de Aburrá es una de las más importantes a nivel departamental y nacional. En el año 2005 el PIB generado en el Valle de Aburrá fue de 18'732.310 millones de pesos, lo que equivale al 58,4% del PIB departamental y al 13,5% del PIB nacional (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2007). Según sus actividades productivas en el 2005 el sector de servicios fue el mayor de valor agregado con un 33,5%, seguido por el sector industrial con un 23,4% (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2013).

De acuerdo con el sector empresarial e industrial del Valle de Aburrá, el 51% de las empresas del departamento están allí, en su mayoría empresas de mediana y pequeña escala. Aunque la participación de los sectores tradicionales del departamento han disminuido, la generación de energía, la presentación de servicios públicos y el sector de construcción se han mantenido a lo largo del tiempo en el Valle de Aburrá (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2007). El número de empresas presentes en el Valle de Aburrá ha aumentando en un 30% en 10 años y si se mantiene este crecimiento se espera que para los próximos 10 años se hayan aumentando en un 50%. Esta tendencia aunque promueve la económica regional, promueve la demanda de suelo para usos productivos, lo cual resulta importante para los municipios de La Estrella, Itagüí, Envigado y Sabaneta (Alcaldía de Medellín; Área Metropolitana Valle de Aburrá, 2011).

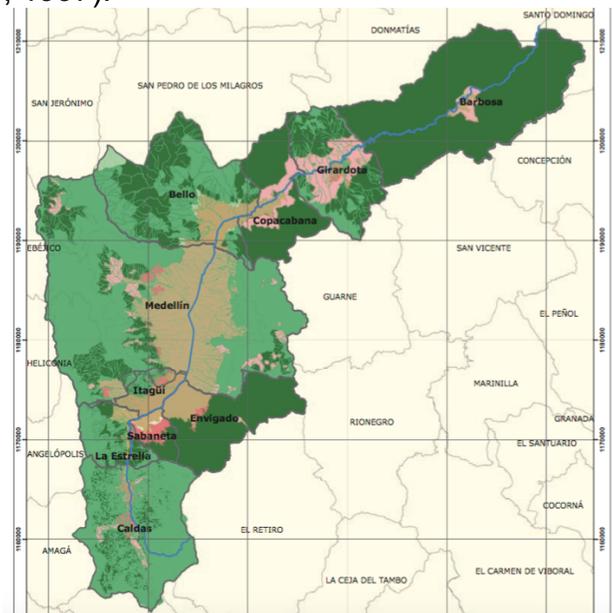
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

CLIMA Y CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS

La principal unidad geográfica del Valle es la cuenca del Río Aburrá, principal arteria fluvial con varios afluentes que caen a lo largo de su recorrido por la depresión (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2013). Mientras que la principal característica en cuanto a la geología del Valle de Aburrá es la gran variedad de rocas que se pueden encontrar y la presencia de fallas geológicas como la del Romeral, ubicada al suroeste del territorio (García, 2006). Su precipitación es controlada por los vientos alisos con dos estaciones húmedas en abril y octubre, recibiendo unos 1.400 mm de precipitación aproximadamente. Las temperaturas medias varían desde los 13 a los 22°C (Perez, 1993). Entre los procesos naturales que se originan en el Valle de Aburrá están los sismos, las avenidas torrenciales, movimientos en masa, incendios forestales e inundaciones, siendo los últimos los más comunes (Hermelin, 2007).

USOS DEL SUELO

Según la Ley 388 de 1997 cada municipio debe asumir el compromiso para orientar los procesos de planeación y ordenamiento territorial. La ley también establece que cada municipio debe clasificar su territorio correspondiente en suelo urbano, rural, sub-urbano, de protección y de expansión urbana. Para tener una descripción sobre cada uno de los conceptos diríjase a la Ley 388 de 1997 (Congreso de la República, 1997).



La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Ilustración 17. Clasificación del suelo Área Metropolitana del Valle de Aburrá, tomado del atlas del AMVA (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2010).

De la Ilustración 17. Clasificación del suelo Área Metropolitana del Valle de Aburrá, tomado del atlas del AMVA, Se debe entender de la siguiente manera: El color verde oscuro corresponde al suelo rural, el rosa claro al suelo sub-urbano, el color salmón al suelo de expansión, el café claro es el límite urbano y el verde claro son los suelos de protección del AMVA (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2010)

Cor
Elir
Met

RESUMEN DE LA INFORMACIÓN ASOCIADA A LA CIUDAD DEL INVENTARIO

Límite del inventario	Información del territorio
Nombre	Área Metropolitana del Valle de Aburrá
País	Colombia
Año del Inventario	2015
Extensión territorial en km ²	1.152
Población residente	3'776.917
PIB (US\$)	
Composición de la economía	Sector Secundario: Industrias Manufactureras de: textiles y confecciones, productos químicos, productos metálicos, alimentos y bebidas, vidrio y minerales no metálicos, papel, caucho y plásticos, vehículos y partes (Gomez, Duran, & Rivera, 2013).

Tabla 20. Información del territorio analizado en el inventario

3.2 METODOLOGÍAS SELECCIONADAS E INFORMACIÓN NECESARIA POR SECTORES EMISORES

METODOLOGÍAS APLICADAS EN EL INVENTARIO DE EMISIONES PARA EL VALLE DE ABURRÁ, 2015					
SECTOR	FUENTE EMISIÓN	ALCANCE	METODOLOGÍA	DATOS ACTIVIDAD	
Energía Estacionaria	Combustion de combustibles	1	Consumo de combustible	Cantidad de combustible consumido	
	Consumo de energía eléctrica	2	Consumo de la red-eléctrica	Cantidad de energía eléctrica consumida	
	Pérdidas de la red eléctrica	3	Tasa de pérdidas de la red	Factor promedio de pérdidas en la red, Cantidad de energía consumida	
	Extrancion y porcesamientos de combustibles	1	Produccion estimada de combustibles	Cantidad producida de combustibles	
Transporte	Consumo de combustibles	1	Ventas de combustibles	Cantidad de cmbustible vendido	
	Consumo de energía eléctrica	2	Consumo de la red-eléctrica	Cantidad de energía eléctrica consumida	

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

	Pérdidas de la red eléctrica	3	Tasa de pérdidas de la red	Factor promedio de pérdidas en la red, Cantidad de energía consumida
Residuos	Disposición final de residuos sólidos	1 y 3	Modelo del primer orden de decadencia	Cantidad de residuos dispuestos en los rellenos, caracterización de los residuos
	Tratamiento biológico de residuos	3	Composición de los residuos	Masa orgánica de los residuos tratados, tipo de tratamiento
	Tratamiento de residuos peligrosos	1	Composición de los residuos	Masa de residuos incinerados, fracción de carbono fósil
	Tratamiento de aguas residuales	1	Cantidad de materia orgánica	Contenido de materia orgánica en la aguas residuales, tipo de tratamiento

Tabla 21. Metodologías aplicadas en el inventarios de emisiones de GEI en el Valle de Aburrá en el 2015.

Debe tenerse en cuenta que las emisiones estimadas por el consumo de combustibles fósiles a nivel industrial usaron una metodología que incluye además de los consumos y los factores de emisión, la eficiencia de los equipos usados en los procesos industriales (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2015).

3.3 RECOLECCIÓN DE DATOS E INFORMACIÓN

La información obtenida en su mayoría esta disponible para el público, sin embargo en algunos casos se requirió contactar a las entidades pertinentes para abordar el tema. La información se presentara para cada sub-sector para tener claridad sobre la estimación de las emisiones respectivas.

3.3.1 Estudio de la población.

Para poder realizar el inventario, es necesario tener los registros más antiguos y confiables que se tengan de la población (50 años atrás aprox.), por lo cual se tomaron las estadísticas suministradas por el DANE que tienen registros de la población de los municipios de Colombia a partir de 1985 . Luego se realiza una regresión con el fin de obtener un estimado de la población del Valle de Aburrá desde 1951. en Colombia se han realizado 4 censos en los años: 1973, 1985, 1992 y 2005, los datos para los otros años han sido obtenidos por medio de proyecciones y regresiones realizadas por el DANE (DANE, 2005).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

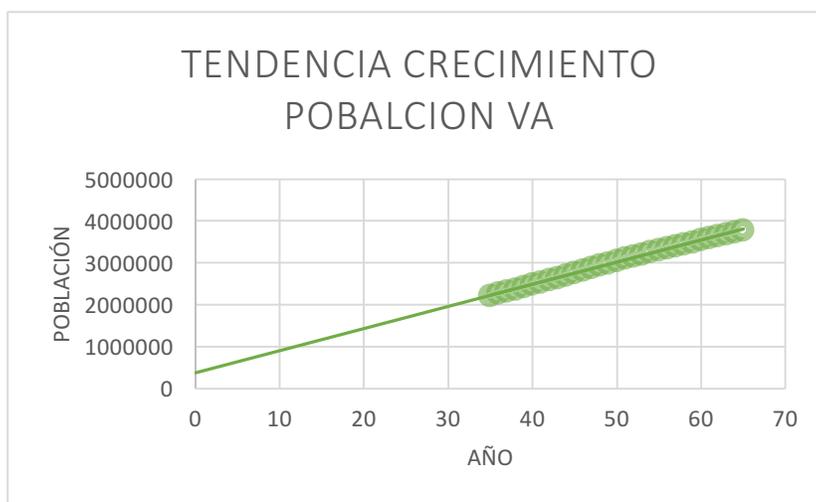


Ilustración 18. Tendencia del comportamiento de la población de los municipios del Valle de Aburrá, según los registros del DANE a partir 1985. (DANE, 2005)

Luego de hacer una regresión con los datos suministrados por el DANE, se obtuvo la siguiente ecuación con el respectivo valor de R:

$$y = 52792x + 383660 \qquad R^2 = 0,99846$$

Ecuación 21. Ecuación de la regresión sobre la población de los municipio del Valle de Aburrá, con el respectivo valor de R.

Usando la Ecuación 21. Se obtienen los valores de la población del Valle de Aburrá a partir de 1951 hasta 1984, que fueron unidos con los valores presentados por el DANE hasta el 2015 y se obtuvieron los siguientes resultados:

ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN DE LOS MUNICIPIOS PERTENECIENTES AL VALLE DE ABURRÁ								
	AÑO	POBLACIÓN ESTIMADA		AÑO	POBLACIÓN ESTIMADA		AÑO	POBLACIÓN ESTIMADA
1	1951	436.452	28	1978	1'861.836	55	2005	3'306.514
2	1952	489.244	29	1979	1'914.628	56	2006	3'353.471
3	1953	542.036	30	1980	1'967.420	57	2007	3'401.662
4	1954	594.828	31	1981	2'020.212	58	2008	3'449.665
5	1955	647.620	32	1982	2'073.004	59	2009	3'497.334
6	1956	700.412	33	1983	2'125.796	60	2010	3'544.860
7	1957	753.204	34	1984	2'178.588	61	2011	3'592.063
8	1958	805.996	35	1985	2'216.254	62	2012	3'638.869
9	1959	858.788	36	1986	2'268.716	63	2013	3'685.382
10	1960	911.580	37	1987	2'321.265	64	2014	3'731.447

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

11	1961	964.372	38	1988	2'374.054	65	2015	3'777.009
12	1962	1'017.164	39	1989	2'427.305			
13	1963	1'069.956	40	1990	2'481.113			
14	1964	1'122.748	41	1991	2'535.626			
15	1965	1'175.540	42	1992	2'591.017			
16	1966	1'228.332	43	1993	2'647.432			
17	1967	1'281.124	44	1994	2'705.056			
18	1968	1'333.916	45	1995	2'763.492			
19	1969	1'386.708	46	1996	2'822.200			
20	1970	1'439.500	47	1997	2'880.712			
21	1971	1'492.292	48	1998	2'938.591			
22	1972	1'545.084	49	1999	2'995.293			
23	1973	1'597.876	50	2000	3'050.243			
24	1974	1'650.668	51	2001	3'103.395			
25	1975	1'703.460	52	2002	3'155.715			
26	1976	1'756.252	53	2003	3'207.091			
27	1977	1'809.044	54	2004	3'257.466			

Tabla 22. Estimación y registros estadísticos del DANE, sobre la población de los municipios del Valle de Aburrá a partir de 1951 al 2015.

3.3.2 ENERGÍA ESTACIONARIA

Edificios Residenciales

CONSUMO DE COMBUSTIBLES FÓSILES:

Dentro de los edificios de carácter residencial el único combustible que se consume es el gas natural y el GLP. Los siguientes datos se refieren entonces al consumo del gas natural de forma estacionaria y fue consultada en el portal de la superintendencia de servicios públicos domiciliarios de la república de Colombia (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016).

CONSUMO TOTAL DE GAS NATURAL RESIDENCIAL PARA EL 2015	
	TOTAL
Unidades	m ³
Estrato 1	7'403.811
Estrato 2	42'514.017
Estrato 3	38'868.038
Estrato 4	12'895.988
Estrato 5	11'403.296
Estrato 6	9'129.578
TOTAL	122'214.728

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Tabla 23. Consumo total de Gas Natural a nivel residencial durante el 2015 en el Valle de Aburrá, categorizado por estratos socioeconómicos. Información tomada del SUI. (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016)

Según la información del SUI para el Valle de Aburrá se consumieron en total 122'214.728 m³.

El consumo de gas en pipeta también se conoce como consumo de gas licuado de petróleo (GLP). La bodega de datos del SUI, no discrimina el consumo del GLP por municipio, sin embargo si encuentra que para el 2015 se vendieron 39'171.865 kg. de GLP (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016). El SUI categoriza los consumo en 5: Residencial, Industrial, Comercial, Oficial y Otros, pero al entrar más en detalle se encuentra que información no esta completa para cada campo. En la categoría de otros se encuentran todos los consumos de los diferentes tamaños de cilindros que normalmente son consumidos de manera residencial, industrial y comercial; Por lo tanto basándose en la información suministrada por la UPME (Unidad de planeación minero energética - UPME, 2013), se puede determinar que el 85% de estos consumos bajo la categoría de otros pertenecen el sector residencial, el 6% al sector comercial, el 6% al sector industrial y el 1% al sector agrícola (Unidad de planeación minero energética - UPME, 2013). Igualmente sumando estos porcentajes solo se llega al 98%, por lo cual se asume que el 2% restante del consumo de GLP se asocia al sector Oficial.

Para poder obtener el volumen del GLP vendido, se debe dividir este valor por la densidad del mismo, pero no se tiene información exacta sobre la procedencia del GLP que se consume en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. por lo anterior se decide trabajar con el promedio de cada una de las densidades de las diferentes refinerías ([Tabla 24. Valor densidades del GLP producido en Colombia, 2012. Fuente](#)), obteniendo entonces una densidad promedio de 2,0618 kg/gal.

CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA RESIDENCIAL PARA EL 2015	
	DENSIDAD
Unidades	Kg/gal
Barrancabermeja	2,1784
Cartagena	2,0154
Apiay	2,0334
Cusiana	2,0201

Tabla 24. Valor densidades del GLP producido en Colombia, 2012. Fuente (Unidad de planeación minero energética - UPME, 2013) (Tóth, 2016) (Wikipedia, 2016) (Wikipedia, 2016) (MIT, 2015) (ATR DC, 2014)

Luego de reorganizar entonces la información presentada por el SUI y aplicando el valor de la densidad promedio obtenido, se puede entonces determinar los consumos a nivel residencial para el 2015 de GLP:

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

CONSUMO GLP RESIDENCIAL PARA EL 2015	
PRESENTACIÓN	RESIDENCIAL
Unidades	M ³
PRESENTACION	27,2
Cilindro de 10 libras	1,9
Cilindro de 11 libras	403,9
Cilindro de 20 libras	5,7
Cilindro de 24 libras	8396,5
Cilindro de 30 libras	36437,1
Cilindro de 40 libras	2,8
Cilindro de 80 libras	5883,0
Cilindro de 100 libras	136,8
Tanque Estacionario	27,2
TOTAL	51295,0

Tabla 25. Consumo de GLP a nivel residencial para el 2015 (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016)

CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La principal entidad prestadora el servicio de energía eléctrica es EPM (Empresas públicas de Medellín) para el caso de edificios residenciales. La información presentada a continuación fue tomada del SUI, sin embargo esta fue ratificada posteriormente por (F. Gomez Cuervo, comunicación personal, Septiembre 1, 2016). El municipio con mayor consumo de energía eléctrica es el de Medellín con un consumo total de 1.401'267.158 kWh durante el 2015; De igual manera el Estrato 2 se posiciona como el mayor consumidor de energía eléctrica para el 2015 con un total de 683'200.452 kWh consumidos.

CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA RESIDENCIAL PARA EL 2015	
	TOTAL
Unidades	kWh
Estrato 1	196'170.415
Estrato 2	683'200.452
Estrato 3	681'503.516
Estrato 4	247'444.287
Estrato 5	196'829.670
Estrato 6	130'996.415
TOTAL	2.136'144.755

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Tabla 26. Consumo total de Energía eléctrica a nivel residencial durante el 2015 en el Valle de Aburrá, categorizado por estratos socioeconómicos. Información tomada del SUI. (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016)

PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN EL RED ELÉCTRICA

Según lo informado por las empresas públicas de Medellín, las pérdidas para el 2015 en el sistema de red eléctrica fueron del orden de 838,78 gWh / año (F. Gomez Cuervo, comunicación personal, Septiembre 1, 2016). Teniendo en cuenta que para el 2015 el SUI reporta un suministro de 5.674,4 gWh / año en todo el Valle de Aburrá se obtiene un factor de pérdidas de la red eléctrica de la siguiente manera:

$$\text{Factor de perdidas de la red electrica} = \frac{\text{Suministro total de energia electrica}}{\text{Perdidas totales de energia electrica}}$$

Ecuación 22. Ecuación para el Factor de pérdidas de la red eléctrica

$$\text{Factor de perdidas de la red electrica para el Valle de aburra para el 2015} = \frac{838,78 \text{ gWh/año}}{5.674,4 \text{ gWh/año}} = 0,15$$

Ecuación 23. Factor de pérdida del suministro de energía eléctrica en el Valle de Aburrá para el 2015

De la ecuación 22 se obtiene entonces un factor para calcular las pérdidas para cada sub-sector, es decir que por cada gWh entregado al consumidor se perdió 0,15 gWh en el sistema de transmisión. Teniendo esto en cuenta se estima que para el consumo de energía eléctrica en los edificios residenciales se generó una pérdida de 315'761.500 kWh/año

Edificios Comerciales, Institucionales e identidades públicas.

Antes de abordar este sub-sector, se debe aclarar que en la información presentada por el SUI, los servicios públicos se encuentran generalmente divididos entre el sub sector residencial y no residencial. Dentro de la categoría de los consumos no residenciales se incluyen Edificios comerciales, oficiales, industriales y otros que en su respectivo momento serán mencionados; sin embargo es de aclarar entonces que en este caso la información fue dividida para re-organizarla a los sub-sectores planteados por el GPC.

CONSUMO DE COMBUSTIBLES FÓSILES

De igual manera el combustible que se consume en este sub-sector es el gas natural. Los siguientes datos se refieren entonces al consumo del gas natural de forma estacionaria de entidades oficiales, instituciones públicas y actividades comerciales, que fue consultadas directamente a EPM. El total de m³ consumidos durante el 2015 para usuarios no residenciales fue de 217'791.034. Es necesario aclarar que por el momento hay una inconsistencia en esta información entre lo presentado por la plataforma del SUI y EPM, se decide entonces trabajar con los

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

datos de EPM, mientras se resuelve la inconsistencia (F. Gomez Cuervo, comunicación personal, Septiembre 1, 2016).

Siengo la misma metodología entonces, el GLP consumido en el 2015 para uso comercial y oficial fue el siguiente:

CONSUMO GLP COMERCIAL, INSTITUCIONAL Y OFICIAL PARA EL 2015	
PRESENTACIÓN	COMERCIAL, INSTITUCIONAL Y OFICIAL
Unidades	M ³
PRESENTACION	2,9
Cilindro de 10 libras	0,2
Cilindro de 11 libras	42,8
Cilindro de 20 libras	0,6
Cilindro de 24 libras	889,0
Cilindro de 30 libras	3858,0
Cilindro de 40 libras	0,3
Cilindro de 80 libras	622,9
Cilindro de 100 libras	6261,0
Tanque Estacionario	2,9
TOTAL	11677,7

Tabla 27. Consumo de GLP a nivel comercial, institucional y oficial para el 2015 (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016)

Debe aclararse que el porcentaje usado para obtener los consumos de este sector fueron del 7%, pues se incluyó el porcentaje destinado para consumos agrícolas. Lo que significa que los consumos agrícolas del GLP van incluidos en el sector comercial, institucional y oficial.

CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La principal entidad prestadora el servicio de energía eléctrica es EPM (Empresas Públicas de Medellín, 2016), sin embargo para el consumo a nivel comercial o industrial hay otras entidades prestadoras como ISAGEN, ENERTOTAL, entre otras (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016). En este caso el sub-sector se divide en: Comercial, Oficial, Provisional, Alumbrado Público, Especial Asistencial, Áreas Comunes, Industrial bombeo y Especial Educativo. El municipio con mayor consumo de energía eléctrica es el de Medellín nuevamente, esta vez con un consumo total de 1.401'267.158 kWh durante el 2015; El consumo de energía eléctrica para uso comercial es el mayor para el 2015 con un total de 683'200.452 kWh consumidos.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA ELÉCTRICA COMERCIAL, INSTITUCIONAL Y OFICIAL PARA EL 2015	
	TOTAL
Unidades	kWh
Comercial	1.400'480.343
Oficial	143'968.742
Provisional	12'472.710
Alumbrado Público	152'730.793
Especial	145'823.204
Áreas Comunes	31'672.280
Bombeo	131.520
Especial Educativo	27'750.669
TOTAL	1.915'030.261

Tabla 28. Consumo total de energía eléctrica a nivel comercial, institucional y oficial durante en el 2015, por cada categoría. Información tomada del SUI. (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016).

Teniendo en cuenta que el sistema metro y metro cable funcionan con energía eléctrica debe hacerse una corrección a los datos presentados por el SUI, pues las emisiones asociadas a este medio de transporte se deben reportar bajo el sector de transporte. Se asume entonces que el consumo generado por este sistema entra en la categoría de oficial y comercial, pues este presta el servicio de transporte público, además que esta entidad es de carácter 100% público (el 50% pertenece a la gobernación y el 50% restante pertenece a la alcaldía (Metro de Medellín LTDA., 2015). Entonces se toman los consumos para el 2015 de este sistema que serán explicados detalladamente en la categoría respectiva y que fueron suministrados por la misma entidad del Metro, y se le restaron a los consumos de la categoría oficial presentada por el SUI, dando como resultado los valores presentados en la Tabla 50. Consumo de energía eléctrica a nivel comercial, institucional y oficial durante en el 2015, en todos los municipios del Valle de Aburrá. Información tomada del SUI. Esta operación se realiza con el fin de segregar más la información y evitar que se realicen dobles contabilizaciones en el inventario.

PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN EL RED ELÉCTRICA

Siguiendo el mismo procedimiento realizado en los edificios residenciales, se calculan entonces las pérdidas para el sub-sector de edificios comerciales, institucionales y oficiales. Teniendo en cuenta el factor de pérdidas 0,15 ya calculado en la Ecuación 23. Factor de pérdida del suministro de energía eléctrica en el Valle de Aburrá para el 2015, se tiene que las pérdidas generadas en el sistema de red eléctrica del Valle de Aburrá para el sub-sector de edificios comerciales, institucionales y oficiales se estiman alrededor de 283'076.709 kWh/año

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Co

Co

Elir
con
los
SUI
201

Co

Elir
ene

Industria manufacturera y de construcción

Para este sub-sector se tomará como referencia el estudio realizado por el área Metropolitana del Valle de Aburrá junto con con la universidad pontificia bolivariana. Las emisiones y datos de este son del año 2014, pero debido al acercamiento inicial que se esta realizando en este trabajo no se tienen los recursos disponibles para levantar esta información de manera detallada, en especial para el consumo de combustibles fósiles de cada industria establecida en el Valle de Aburrá para el 2015.

CONSUMO DE COMBUSTIBLES FÓSILES

Los consumos presentados más adelante son respectivos al año 2014 para todo el Valle de Aburrá en las siguientes industrias:

INDUSTRIAS GENERADORAS DE EMISIONES PARA EL VALLE DE ABURRÁ EN EL 2014	
Actividad	DESCRIPCIÓN
BAT	Producción de alimentos, bebidas y tabaco
TXT	Producción de textiles y confección de prendas, procesamiento de telas incluyendo procesos de teñido
CVL	Producción de cerámicos y vítreos. Incluye ladrilleras, alfareras, tejares e industria cerámica
PAP	Producción de papel, cartón, pulpa y todas actividades relacionadas a este sector como la impresión
PCE	Plásticos, cauchos y empaques. Incluye la fabricación de llantas
MMC	Producción de metalmecánica, fundición y manejo de metales como el hierro, metales no ferrosos. Producción de maquinaria eléctrica y no eléctrica
QMC	Producción de compuestos químicos, producción de jabones, pinturas y resinas
CUR	Producciones y procesamientos de cueros y calzado
ASF	Procesamiento de derivados de petróleo, producción de asfaltos y explotación y tratamiento de triturados.
TER	Industrias de carácter terciario que utilicen en sus procesos hornos o calderas
MAD	Procesamiento y manejo de madera y subproductos
OTR	Otras industrias que no se pueden clasificar en los campos anteriores.

Tabla 29. Clasificación de Industrias generadoras de emisiones según el AMVA y la UPB, para el 2014 (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2015).

Dentro del GPC las sub-categorías del sector manufacturero y de construcción son diferentes, sin embargo al realizar la comparación adecuada se encuentra que las únicas categorías que no están incluidas en las industrias presentadas por el área Metropolitana son la industria de la construcción y la producción de equipos de transporte. Se decide entonces seguir trabajando con la categorización industrial

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

presentada por el AMVA, pues es de la cual se tiene información teniendo en cuenta que las emisiones relacionadas con la construcción y producción de equipos de transporte no están incluidas. La siguiente tabla relaciona las sub-categorías presentadas por el GPC con el código de la actividad presentada por el AMVA.

INDUSTRIAS GENERADORAS DE EMISIONES PARA EL VALLE DE ABURRÁ EN EL 2014	
Sub-categoría AMVA	Sub-categoría GPC
MCC	Hierro y acero
MCC	Metales no-ferrosos
QMC Y PCE	Químicos
PAP	Pulpa, papel e impresión
BAT	Procesamiento de comidas, bebidas y tabaco
CVL	Minerales no-metálicos
N/A	Equipo de transporte
MCC	Maquinaria
ASF	Minería
MAD	Madera y sub-productos
N/A	Construcción
CUR Y TXT	Textiles y Cuero
TER Y OTR	Industrias no especificadas

Tabla 30. Comparación y relación entre las sub-categorías presentadas por el GPC y las presentadas por el AMVA y la UPB.

INDUSTRIAS GENERADORAS DE EMISIONES PARA EL VALLE DE ABURRÁ EN EL 2014				
Combustible	AÑO	Unidades	Consumo	Fuente de Información
Carbón mineral	2014	Mg/año	290.446	AMVA;UPB
Carbón coque	2014	Mg/año	115	AMVA;UPB
ACPM	2014	1000 l/año	3.812	AMVA;UPB
Fuel oil No. 6	2014	1000 l/año	1.067	AMVA;UPB
Aceite recuperado	2014	1000 l/año	63	AMVA;UPB
GLP	2014	1000 l/año	2.236	AMVA;UPB
Madera	2014	Mg/año	35.371	AMVA;UPB
Cascara de coco	2014	Mg/año	469	AMVA;UPB
Fique	2014	Mg/año	844	AMVA;UPB
Borra de café	2014	Mg/año	14.254	AMVA;UPB
Gas Natural	2015	M ³ /año	362837688	AMVA;UPB

Tabla 31. Consumos de combustibles fósiles para el sector manufacturero. (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2015)

Para este caso entonces no se tendrá en cuenta el consumo de GLP, pues se van a trabajar con los valores ya estimados por el AMVA y la UPB.

CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Siguiendo la misma tendencia el municipio de Medellín es el mayor consumidor de energía eléctrica con un total de 586'734.297 kWh durante el 2015, e Itagüí se ubica segundo con un total de 256'087.225 kWh.

CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA INDUSTRIAL PARA EL 2015	
	TOTAL
Unidades	kWh
Industrial	1.623'220.058

Tabla 32. Consumo total de energía eléctrica a nivel industrial durante en el 2015, por cada categoría. Información tomada del SUI. (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016).

PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN EL RED ELÉCTRICA

Siguiendo el mismo procedimiento realizado en los edificios residenciales, se calculan entonces las pérdidas para el sub-sector industrial. Teniendo en cuenta el factor de pérdidas 0,15 ya calculado en la [Ecuación 23. Factor de pérdida del suministro de energía eléctrica en el Valle de Aburrá para el 2015](#), se obtienen que las pérdidas generadas por el consumo de energía eléctrica a nivel industrial es de 239'941.792 kWh/año.

Industrias energéticas

Durante el 2015 la única generadora de energía dentro del límite del inventario que consumió algún combustible fósil fue la planta de Niquía, que fue de 55 galones de ACPM. Las otras generadoras para el arranque consumieron energía de la red eléctrica, estos consumos deben estar reportados dentro del sub-sector de edificios comerciales, oficiales e institucionales.

3.3.3 TRANSPORTE

Transporte Terrestre

El parque Automotor para el 2015 estaba conformado por un total de 1'347.067 vehículos matriculados en los organismos del Valle de Aburrá (Registro Único Nacional de Transito, 2016). Aunque se tienen especificados que tipos de vehículos están registrados en el secretaria de movilidad de Medellín, los otros municipios no cuentan con esta información por lo cual hace que la estimación sea menos exacta. En cuanto al consumo de combustibles para el transporte terrestre, se tiene los registros de la venta de todos los combustibles para el año de estudio:

VENTAS DE COMBUSTIBLES EN EL VALLE DE ABURRÁ DURANTE EL 2015

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

	BARBOSA	BELLO	CALDAS	COPACABANA	ENVIGADO	GIRARDOTA	ITAGÜI	LA ESTRELLA	MEDELLIN	SABANET A
Unidades	Gal	Gal	Gal	Gal	Gal	Gal	Gal	Gal	Gal	Gal
ACPM	976.049	12'642.705	6'065.214	3'205.496	5'041.529	7'429.639	14'757.384	2'389.640	55'427.300	9'271.967
CASOLINA CORRIENTE	679.729	14'737.388	2'049.590	2'570.429	13'186.799	1'922.219	12'438.567	1'856.315	99'948.728	7'454.833
GASOLINA EXTRA	42.177	996.839	102.069	115.073	2'110.820	204.250	107.4053	139.504	9'684.088	697.486

Tabla 33. Venta de combustibles para los municipios del Valle de Aburrá durante el 2015. Fuente:

El combustible que registró mayores ventas fue la gasolina motor corriente con un total de 156'844.596 galones (Ministerio de Minas y Energías, 2016). Para el GNV se tomaron los datos de la facturación total mensual para este combustible suministrados por EPM (F. Gomez Cuervo, comunicación personal, Noviembre 1, 2016), para luego con el precio promedio de venta de este combustible para cada mes reportado por la UPME calcular el total de m³ consumidos durante el 2015.

VENTAS DE COMBUSTIBLES EN EL VALLE DE ABURRÁ DURANTE EL 2015					
	\$ GNV en Medellín	en	Facturación total - EPM	Consumo en Gal	Consumo en m ³
Enero	1.569,86		726'563.166	462.820,36	1.751,96
Febrero	1.503,75		727'952.933	484.091,73	1.832,49
Marzo	1.463,54		666'850.325	455.642,59	1.724,79
Abril	1.481,00		702'562.799	474.384,06	1.795,74
Mayo	1.481,00		668'652.479	451.487,16	1.709,06
Junio	1.499,00		728'059.198	485.696,60	1.838,56
Julio	1.374,63		680'035.824	494.704,63	1.872,66
Agosto	1.384,63		706'658.098	510.358,79	1.931,92
Septiembre	1.447,30		699'021.757	482.983,32	1.828,29
Octubre	1.456,86		685'388.882	470.456,24	1.780,87
Noviembre	1.465,75		708'424.806	483.318,99	1.829,56
Diciembre	1.435,14		653'247.179	455.180,11	1.723,04

Tabla 34. Ventas y consumo de GNV en el Valle de Aburrá durante el 2015. Información tomada de: (Sistema de Información de Petróleo y Gas Colombiano, 2016) (F. Gomez Cuervo, comunicación personal, Noviembre 1, 2016).

El sistema de transporte terrestre consumió un total de 21.618,9 m³ de GNV durante el 2015.

Sistema Metro

El sistema metro se moviliza por medio del consumo de gas natural, y de energía eléctrica. El primero es usado para movilizar los buses de líneas 1 y 2, mientras que la energía eléctrica moviliza los trenes y los cables (Metro de Medellín LTDA., 2015). Debido a lo anterior, dentro de este sub-sector solo se estimaran las emisiones generadas por los trenes y el cable, pues las emisiones asociadas a los buses se deben reportar bajo el sub-sector de transporte terrestre.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

El consumo registrado para el sistema metro debe ser descontado de los datos propiciados por el SUI, para evitar la doble contabilización de emisiones. Como se mencionó anteriormente, esta en una entidad comercial y oficial, por lo cual se decide descontar estos consumos de la categoría sub-categoría comercial, presentada por el SUI.

El sistema de trenes y cables consumió un total de 82'525.720,12 kWh, generando unas pérdidas de 12'198.820 kWh/año, en el 2015 (Metro de Medellín LTDA., 2015).

PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN Y Y DISTRIBUCIÓN DE LA RED ELÉCTRICA

PÉRDIDAS POR EL SUMISTRO ENERGÍA ELÉCTRICA RESIDENCIAL PARA EL 2015		
Año	2015	TOTAL
Total energía suministrada sistema metro (kWh)	82'525.720	82'525.720
Pérdidas 2015 (kW)	12'198820	12'198.820

Tabla 35. Pérdidas del consumo total de Energía eléctrica en el sistema metrol durante el 2015 del Valle de Aburrá

Transporte Aéreo

Los datos de actividad para el transporte aéreo es el consumo de combustibles por las aeronaves que vuelen dentro del mismo territorio (alcance 1) y todos los vuelos que depegaron de ambos aeropuertos que sirven al territorio: Aeropuerto Enrique holaya Herrera y el Jose Maria Cordova durante el 2015. La información suministrada por la Aeronáutica Civil Colombiana permitió calcular los galones consumidos para todos los vuelos salientes, por medio de unos factores de consumo de combustible por hora bloque que dependen de la capacidad que tenga la aeronave utilizada. Se consultó entonces la cantidad de sillas para cada equipo registrado durante el 2015 y se dividieron en las siguientes categorías: Turboprop, Light Jet, Mid- Size Jet (Tóth, 2016), Small Narrowbody, Large Narrowbody y Widebody (MIT, 2015), para luego poder usar el factor de de cosumo por las horas bloque registrados para cada tipo de aeronave y así obtener el consumo de combustibles.

Durante el 2015 se registraron un total de 207 operaciones entre los dos aeropuertos que sirven a la población (alcance 1), 52.113 operaciones con destinos nacionales y 7.483 operaciones con destinos internacionales; para un total de 59.803 operaciones salientes del territorio (Aeronáutica Civil, 2015).

FACTORES DE CONSUMO EN GALONES POR HORA BLOQUE CATEGORIZADAS POR TAMAÑO AERONAVE	
UNIDADES	Galón consumido/ hora bloque
TURBOCROP	79
LIGHT-JET	158

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

MID-JET		295
SMALL NARROWBODY EQUIPMENT		774
LARGE NARROWBODY EQUIPMENT		875
WIDEBODY EQUIPMENT		1967

Tabla 36. Factores de consumos de combustible por hora bloque para diferentes categorías de aeronaves, información tomada de (MIT, 2015) (Young-Brown, 2015).

FACTORES DE CONSUMO EN GALONES POR HORA BLOQUE CATEGORIZADAS POR TAMAÑO AERONAVE						
Aeropuerto	EOH	JMC	EOH	JMC	EOH	JMC
Destino	Regional	Regional	Nacional	Nacional	Internacional	Internacional
Año	2015	2015	2015	2015	2015	2015
Operaciones	63	144	26824	25289	10	7473
COMBUSTIBLE	Galónes	Galónes	Galónes	Galónes	Galónes	Galónes
JET A1	5.542,985	14.745,08	6'699.675	28'836.144	4.427	21'913.901

Tabla 37. Consumo de galónes por aeronaves salientes de los aeropuertos que sirven al Valle de Aburrá, durante el 2015, Información tomada de (Aeronáutica Civil, 2015)

3.3.4 RESIDUOS

Disposición final de residuos sólidos

Dentro de los registros del SUI sobre los residuos sólidos dispuestos en rellenos sanitarios solo se tienen registros desde el 2006, tanto para el parque ambiental la pradera como para el centro industrial del sur CIS (Relleno el Guacal). El municipio con mayor cantidad de residuos dispuestos en el relleno la pradera fue el de Medellín con un total de 4'919.604 toneladas desde el 2006 hasta el 2015. Mientras que envigado es el municipio que aporta mayor cantidad de residuos al relleno el guacal con un total de 814.878 toneladas dispuestas hasta el 2015.

RESIDUOS TOTALES DISPUESTOS EN LOS DOS RELLENOS SANITARIO USADOS POR EL VALLE DE ABURRÁ			
	PARQUE AMBIENTAL LA PRADERA	CENTRO INDUSTRIAL DEL SUR CIS	TOTAL RESIDUOS DE
Unidades	Ton	Ton	Ton
2006	311.381,46	204.562,49	515.943,95
2007	561.976,18	119.245,76	681.221,94
2008	512.785,09	160.040,47	672.825,56

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

2009	523.594,29	226.138,04	749.732,33
2010	559.126,19	159.264,00	718.390,19
2011	562.182,28	183.709,43	745.891,71
2012	647.541,34	181.138,56	828.679,90
2013	627.574,71	248.468,94	876.043,65
2014	701.990,43	191.397,68	893.388,11
2015	787.992,37	128.438,90	916.431,27
TOTAL	5'796.144,34	1'802.404,27	7'598.548,61

Tabla 38. Registro de los residuos sólidos dispuestos en los rellenos sanitarios que atiende a los municipios del Valle de Aburrá. Información tomada de (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016)

La caracterización de los residuos sólidos fue tomada de la misma plataforma del SUI, sin embargo debe notarse que solo estaba disponible la caracterización de los residuos que son dispuestos en el parque ambiental de la pradera, por lo cual se asume esta misma caracterización para los residuos dispuestos en el relleno el guacal. Además la categorización de la composición de los residuos generados en el Valle de Aburrá no era consistente con la categorización planteada por el GPC; debido a esto se decide hacer una re-categorización de los residuos basándose en la fuente provisionada por el SUI y los valores predeterminados por las directrices del IPCC.

CARACTERIZACION DE RESIDOS SÓLIDOS DISPUESTOS EN EL 2014 EN EL VALLE DE ABURRÁ			
CATEGORÍA	PORCENTAJE %	FUENTE INFO	COMENTARIOS
Orgánicos	44,47	SUI	
Papel y Cartón	2,05	SUI	En el SUI el papel esta separado del Cartón, por lo cual se sumaron los valores
Madera	6,61	SUI	Dentro de los registros del SUI hay una categoría que es de otros residuos orgánicos, que se asumen que son madera y jardinería
Textil	2,6	IPCC	Valor predeterminado por la guía del IPCC
Cuero	0,7	IPCC	Valor predeterminado por la guía del IPCC
Plástico	12,95	SUI	
Metal	1,52	SUI	
Vidrio	1,74	SUI	
Otros inorgánicos	25,48	SUI	Este valor corresponde al valor presentado por el SUI bajo la categoría de otros inorgánicos menos los valores predeterminados por el IPCC para las categorías de Textil y Cuero

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Tabla 39. Caracterización de los residuos sólidos dispuestos en los rellenos sanitarios que operan para los municipios del Valle de Aburrá, realizada en el 2014. Información tomada de (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016)

NOTA: Debe considerarse de igual manera que la caracterización disponible en la plataforma del SUI solo suma un 98% de los residuos.

La metodología del GPC, sugiere que para calcular las emisiones de los residuos dispuestos se debe tener la información de los residuos generados de un periodo mínimo de 50 años, por lo cual por medio de la [Ecuación 2. Metodología para escalar la información](#), y las regresiones realizadas de la población se obtuvo los datos necesarios para calcular disposición de residuos durante los últimos 50 años.

Otro dato importante necesario para introducir en el modelo desarrollado por la IPCC es la generación per-cápita de residuos, la cual no fue posible de obtener para todo el Valle de Aburrá. sin embargo según el informe de calidad de vida de Medellín como vamos, para el 2015 el 99% de los residuos generados fueron dispuestos (Red Colombiana de Ciudades Como Vamos (RCCCV), 2016), por lo cual se estimó la generación de residuos per-cápita para cada año con los residuos dispuestos cada año y la población para el mismo año.

$$\text{Residuos per - capita 2015} = \frac{\text{Residuos Dispuestos 2015}}{\text{Población Valle de Aburrá 2015}}$$

Ecuación 24. Estimación de generación de residuos per-cápita.

Aprovechamiento de residuos

El aprovechamiento de residuos sólidos ha venido aumentando de manera sólida según el informe de calidad de vida 2012-2015, aprovechando aproximadamente un 16% de los residuos sólidos (Red Colombiana de Ciudades Como Vamos (RCCCV), 2016). Sin embargo este porcentaje se alude a la gestión adecuada de residuos sólidos a nivel residencial.

Dentro de los registros del SUI, la única planta de tratamiento biológico de residuos sólidos se ubica en el Centro Industrial de Sur CIS, también conocido como el relleno sanitario El Guacal, y se registró su inicio de operación desde el año 2007 con una capacidad para tratar 900 ton/mes. (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016). Sin embargo esta planta trata mensualmente un total de 584 ton/mes por medio del proceso de compostaje aerobio con un tiempo promedio de maduración de 79 días (Henaó & Márquez, 2008). Tomando este dato de residuos tratados se obtiene un total de 7.012,8 toneladas durante el periodo de 1 año, suponiendo esta tasa de tratamiento constante y que opera durante los 12 meses del 2015.

Tratamiento de residuos peligrosos.

Durante el 2015, el 84,5% de los residuos peligrosos generados en el Valle de Aburrá fueron aprovechados, la mayoría de estos corresponden a desechos de aceites minerales no aptos para el uso al que estaban destinados, pero también se

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

encuentran desechos no acuosos de la recuperación de disolventes orgánicos, acumuladores de plomo de desecho y desechos que contengan plomo o alguno de sus derivados como constituyente, desechos de la producción de barnices, lacas, pinturas, pigmentos, tintas y colorantes, mezclas de agua con aceite o hidrocarburos, etc (IDEAM, 2016).

En cuanto a los residuos peligrosos que son llevados a disposición final están los desechos clínicos, desechos de la producción y preparación de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas y barnices, desechos de la producción y uso de resinas, látex, plastificantes y adhesivos, residuos de la eliminación de desechos industriales, envases y contenedores de desechos, abarcando el 8,15% de los residuos peligrosos generados en el Valle de Aburrá (IDEAM, 2016).

Por último están los residuos peligrosos que son sometidos a diferentes tratamientos, sea la desactivación o incineración. Para el 2015 se trató el 9,5% de los residuos peligrosos entre los que están lodos galvánicos, desechos de la producción de productos, farmacéuticos, desechos de la producción y utilización de disolventes orgánicos, desechos que contengan mercurio o compuestos de mercurio, lodos residuales, etc (IDEAM, 2016).

Sin embargo, cuando se habla del tratamiento de residuos peligroso no se tiene información específica sobre el tipo de tratamiento que se le da a los residuos, es decir que no es posible determinar la cantidad de residuos que han sido incinerados o desactivados.

MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS EN EL VALLE DE ABURRÁ				
AÑO	RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS (ton)	RESIDUOS PELIGROSOS TRATADOS (ton)	RESIDUOS PELIGROSOS APROVECHADOS (ton)	RESIDUOS PELIGROSOS DISPUESTO (ton)
2012	9084,8	863,328544	7681,925184	740,7109984
1013	9314,1	885,118923	7875,816678	759,4065153
2014	10668,1	1013,789543	9020,731998	869,8021973
2015	58922,1	5599,367163	49823,34932	4804,095579

Tabla 40. Generación y gestión de residuos peligrosos en el Valle de Aburrá (IDEAM, 2016).

De la [Tabla 40. Generación y gestión de residuos peligrosos en el Valle de Aburrá](#), Se debe aclarar que los porcentajes del manejo de los residuos sólidos solo son del 2015 y que fueron aplicados a datos de años anteriores que fueron suministrados por el IDEAM, es decir que se asume que para años anteriores el manejo de los residuos peligrosos fue el mismo.

Tratamiento de aguas residuales

Según el GPC, se deben tener en cuenta las aguas residuales que son vertidas directamente en cuerpos de agua estancados, mientras que si se vierten en ríos o

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Cor
Elir
peli
Cor
la g
Cor
Cor

océanos las emisiones pueden omitirse a la hora de realizar el estudio, como es el caso del Valle de Aburrá. Las aguas residuales del Valle de Aburrá son de origen doméstico e industrial, y en la PTAR se trata un caudal de 1,3 m³/s (Empresas Públicas de Medellín, 2016), lo que equivale a total de 20% de las aguas residuales generadas (A.P. Gonzales Gonzales, comunicación personal, Noviembre 1, 2016). Según la información del SUI se tiene entonces que en Valle de Aburrá se vertió un total de 153'447.235 m³ de aguas residuales y se tratan 38'361.809 m³, dando un total de 191'809.044 m³ generados durante el 2015.

MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS EN EL VALLE DE ABURRÁ					
AÑO	CAUDAL VERTIDO (m ³ /s)	CAUDAL TRATADO (m ³ /s)	TOTAL AGUAS TRATADAS (m ³)	TOTAL AGUAS TRATADAS (%)	AGUAS VERTIDAS (m ³)
2015	6,082224886	1,3	38'361.809	20	153'447.235

Tabla 41. Generación y tratamiento de Aguas Residuales durante el 2015 en el Valle de Aburrá, Información tomada de (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016) (Empresas Públicas de Medellín, 2016)

La PTAR del Valle de Aburrá removió un total de 26,5 toneladas diarias de DBO₅, lo que equivale a 9672,5 ton al año en el 2011, para el presente estudio se tomará la misma tasa de remoción de DBO₅ (Empresas Públicas de Medellín, 2016). Para la carga diaria generada por persona específica para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá es de 51,51 kg DBO₅ / año*hab. Y se debe considerar como se mencionó anteriormente que a la PTAR de San Fernando llegan aguas residuales domésticas y no domésticas, algunas con altas concentraciones de carga orgánica como la de la industria cervecera y de alimentos (A.P. Gonzales Gonzales, comunicación personal, Noviembre 1, 2016).

El sistema empleado por la PTAR de San Fernando, es un sistema secundario de lodos activos, que también puede entenderse como un sistema de tratamiento aeróbico pues requiere la presencia de aire para remover los contaminantes del agua (EPM - Empresas Públicas de Medellín, 2011). Para este tipo de tratamiento el Factor de corrección de metano (MFC) es aproximadamente cero, según las directrices del IPCC (IPCC, 2006). Además en la misma planta se tratan los lodos derivados del proceso secundario por medio de un digestor anaeróbico de lodos (EPM - Empresas Públicas de Medellín, 2011); para este tratamiento el MFC es de 0,8 (IPCC, 2006), pues este proceso libera grandes cantidades de metano.

Como en el Valle de Aburrá las aguas residuales domésticas no son separadas de las industriales, se debe tener en cuenta el factor I = 1,25 (factor de corrección por DBO industrial adicional en las aguas domésticas) (IPCC, 2006). Por último el otro factor importante es la producción máxima de metano que también fue tomada por defecto de las directrices del IPCC para aguas residuales domésticas como 0,6 kg CH₄/kg DBO₅ (IPCC, 2006).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Ahora bien, para poder estimar las emisiones de N₂O se requieren el consumo anual de proteína per-cápita que para le 2007 fue de 65 g/persona*día (FAO, 2007). Según la información suministrada por H.D. Gomez (comunicación personal, Octubre 24, 2016) dentro de la planta de tratamiento de aguas residuales San Fernando, el principal objetivo además de tratar las aguas residuales es no soltar metano directamente a la atmósfera, por lo cual el metano que se genera en los biodigestores es consumido en su totalidad por 2 motores que operan la planta. En casos en los que solo un motor este operando el exceso de metano es quemado en un tea, para que sea liberado como CO₂; aproximadamente en el año se consume el 95% del metano y el 5% es quemado (H.D. Gomez, comunicación personal, Octubre 24, 2016). Según los registros para el 2015 en la planta se generó un total de 5'093.020 m³ de metano, del cual 5'043.374 m³ fueron usados como combustible en la planta y el resto se quemó en la tea (A.P. Gonzales Gonzales, comunicación personal, Noviembre 1, 2016) para ser liberado como CO₂ biogénico.

4. CÁLCULO DE EMISIONES DE GEI PARA EL VALLE DE ABURRÁ PARA EL 2015.

4.1.1 Factores de emisión y factores de potencial de calentamiento global.

A continuación se presentan los factores de emisión, junto con la fuente de donde fueron obtenidos y el porcentaje de error asociado a cada uno. Luego podrán encontrarse los potenciales de calentamiento global para cada contaminando estimado.

FACTORES DE EMSIÓN USADOS PARA CALCULAR LAS EMISIONES DE GEI EN EL VALLE DE ABURRÁ DURANTE EL 2015				
	Valor	Unidades	Fuente	% Error
ELECTRICIDAD	0,109	Kg CO ₂ /kWh	(Unidad de planeación minero energética - UPME, 2013)	
GAS NATURAL (Sebastopol Estacionaria)	1,942	Kg CO ₂ / m ³ ST	FECOC (INCOMBUSTION, 2016)	10,71
	0,036	g CH ₄ /m ³ ST		
	0,00355	g N ₂ O/m ³ ST		
GASOLINA MOTOR (Extra y Corriente)	8,808	Kg CO ₂ /Gal	FECOC (INCOMBUSTION, 2016)	0,03
	0,027	g CH ₄ / Gal		
	0,005	g N ₂ O/ Gal		
DIESEL (acpm) – móvil	10,277	Kg CO ₂ / Gal	FECOC (INCOMBUSTION, 2016)	0,205
	0,037	g CH ₄ / Gal		
	0,037	g N ₂ O/ Gal		
GNV	1,914	Kg CO ₂ / m ³ ST	FECOC (INCOMBUSTION, 2016)	10,71
	3,269	g CH ₄ /m ³ ST		
	0,107	g N ₂ O/m ³ ST		

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

GLP - Estacionario	4,692	Kg CO ₂ / m ³ ST	FECOC (INCOMBUSTION, 2016)	2,6
	0,099	g CH ₄ /m ³ ST		
	0,00992	g N ₂ O/m ³ ST		
JET A1	9,840	Kg CO ₂ / Gal	FECOC (INCOMBUSTION, 2016)	0,213
	0,023	g CH ₄ / Gal		
	0,005	g N ₂ O/ Gal		
COMPOSTAJE (peso mojado)	4	g CH ₄ /kg desechos	(World Resources Institute; C40 Cities Climate Leadership Group; ICLEI - Local Governments for Sustainability, 2014)	8
	0,24	g N ₂ O/kg desechos	(World Resources Institute; C40 Cities Climate Leadership Group; ICLEI - Local Governments for Sustainability, 2014)	0,6
BIODIGESTOR (Lodos de AR)	0,103	Kg CH ₄ /kg DBO ₅	Calculado según (World Resources Institute; C40 Cities Climate Leadership Group; ICLEI - Local Governments for Sustainability, 2014)	40
TRATAMIENTO SEC. AR	0	Kg CH ₄ /kg DBO ₅	Calculado según (World Resources Institute; C40 Cities Climate Leadership Group; ICLEI - Local Governments for Sustainability, 2014)	40
	0,005	Kg N ₂ O -N/kg N ₂ O	(World Resources Institute; C40 Cities Climate Leadership Group; ICLEI - Local Governments for Sustainability, 2014)	40
DISPOSICIÓN DE AR. SIN TRATAR	0,013	Kg CH ₄ /kg DBO ₅	Calculado según (World Resources Institute; C40 Cities Climate Leadership Group; ICLEI - Local Governments for Sustainability, 2014)	80

Tabla 42. Factores de Emisión para la estimación de emisiones de GEI en el Valle de Aburrá en el 2015

FACTORES DE POTENCIAL DE CALENTAMIENTO GLOBAL		
Emisión	GWP	Fuente
CO ₂	1	IPCC. 2013, IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change 2013
CH ₄	28	IPCC. 2013, IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change 2013
N ₂ O	265	IPCC. 2013, IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change 2013
SF ₆	23500	IPCC. 2013, IPCC Fifth Assessment Report: Climate Change 2013

Tabla 43. Factores del potencial calentamiento global de los GEI. Información tomada de (IPCC, 2013).

4.1.2 Resumen de las emisiones generadas en el Valle de Aburrá durante el 2015.

SECTOR	TOTAL POR ALCANCE (ton CO ₂ eq)			TOTAL REPORTE (ton CO ₂ eq)
	Alcance 1	Alcance 2	Alcance 3	Básico

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Energía estacionaria	Consumo de Energía	1787994,809	2429403,886	359110,5951	4576509,29
	Generación de Energía	0	0	0	0
Transporte	Todas las emisiones	2516766,1	18850,18346	544778,4326	3080394,716
Residuos	Generados en la ciudad	96117,3897	0	561231,4477	657348,8374
	Generados por fuera de la ciudad	0	0	0	0
Total		4400878,299	2448254,07	1465120,475	8314252,844

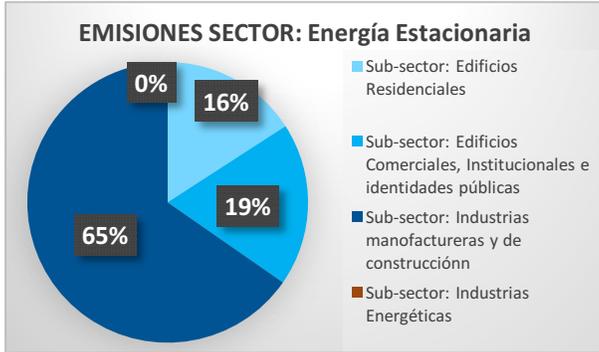
Tabla 44. Resumen emisiones en el Valle de Aburrá durante el 2015, para alcance básico según las directrices del GPC



Ilustración 19. Porcentaje de contribución de cada Sub-Sector generador de emisiones durante el 2015 en el Valle de Aburrá.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

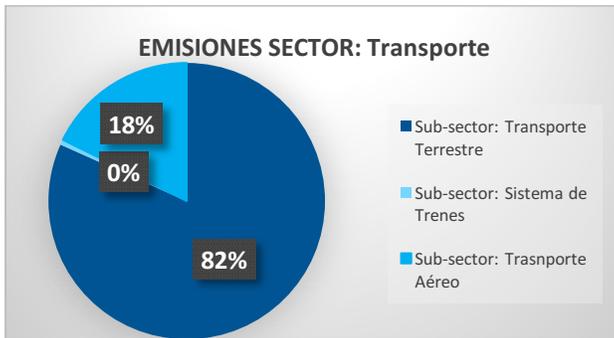
4.1.3 Emisiones: Energía Estacionaria



SECTOR: Energía Estacionaria	ton CO ₂ eq
Edificios Residenciales	725.749,5
Edificios Comerciales, Institucionales y públicos	860.852,7
Industrias	2'989.906,5
Industrias energeticas	0,6

Ilustración 20. Emisiones generadas en el sector Energía Estacionaria en el Valle de Aburrá durante el 2015

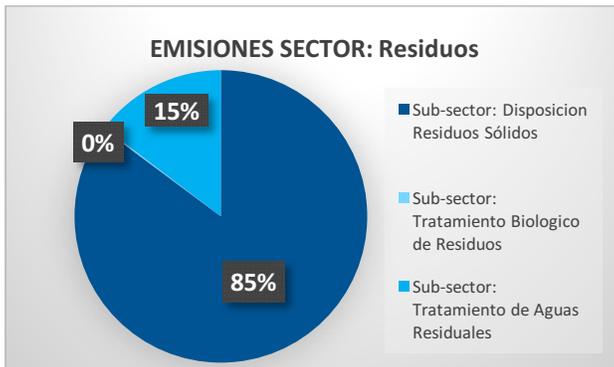
4.1.4 Emisiones: Transporte



SECTOR: Transporte	ton CO ₂ eq
Terrestre	2'516.573,8
Metro	18.850,2
Aereo	544.970,8

Ilustración 21. Emisiones generadas en el sector Transporte en el Valle de Aburrá durante el 2015

4.1.5 Emisiones: Residuos



SECTOR: Residuos	ton CO ₂ eq
Disposición RS	560.000
Compostaje	1.231,5
Aguas Residuales	96.117,4

Ilustración 22. Emisiones generadas en el sector Residuos en el Valle de Aburrá durante el 2015

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

4.1.6 Emisiones por contaminante

	CO ₂ (ton)	CH ₄ (ton)	N ₂ O (ton)
ENERGÍA ESTACIONARIA	4'569.387	71,3	19,3
TRANPORTE	3'224.298	255,1	13,5
RESIDUOS	12.698,7	20589,2	34,8
TOTAL	7'806.383	20.916	68

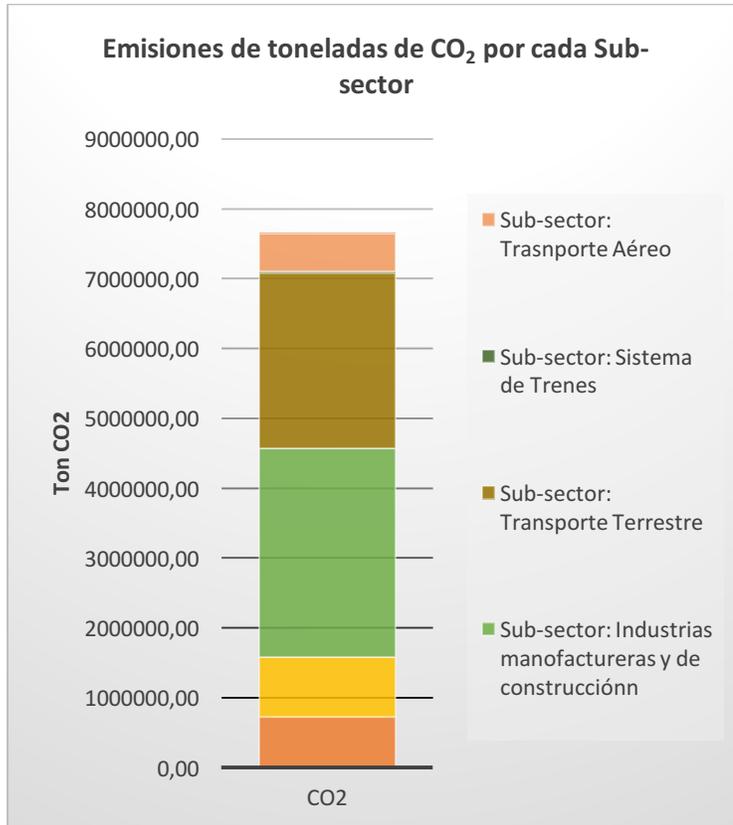


Ilustración 23. Emisiones de CO₂ en toneladas por casa sub-sector

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

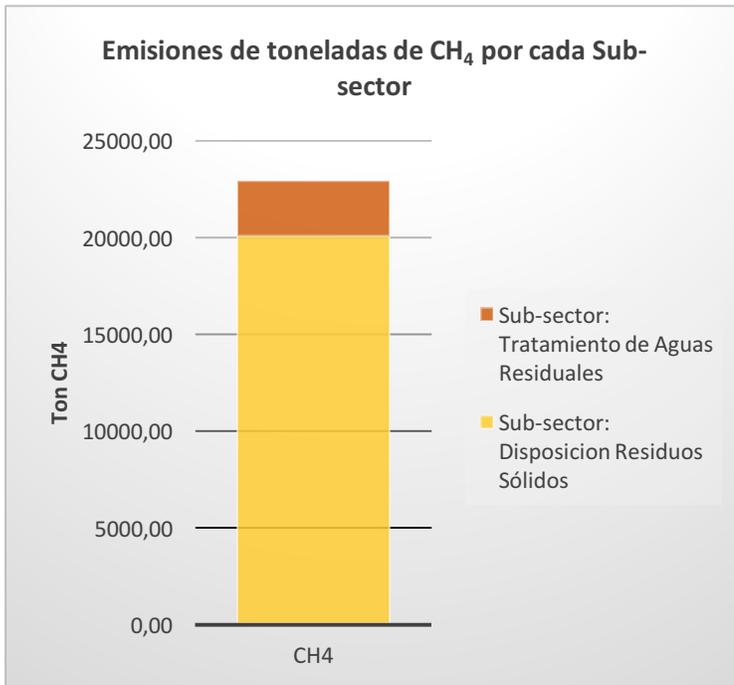


Ilustración 24. Emisiones de CH₄ en toneladas por casa sub-sector

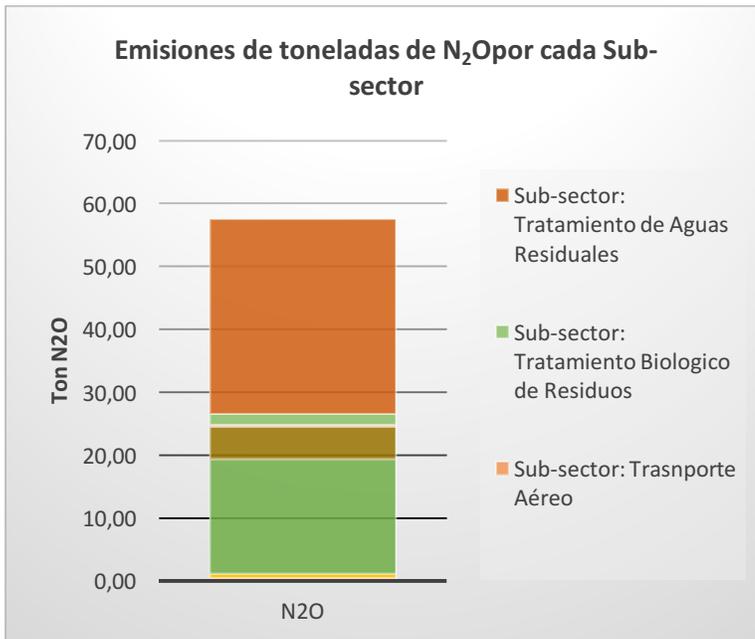


Ilustración 25. Emisiones de N₂O en toneladas por casa sub-sector

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

EMISIONES PER-CÁPITA DEL VALLE DE ABURRÁ DURANTE EL 2015

Para poder comparar los resultados obtenidos en el inventario se deben considerar las emisiones per-cápita, pues de esta forma se puede hacer una comparación más asertiva en cuanto los modelos económicos, de desarrollo y de consumo de las diferentes ciudades.

La emisiones per-cápita como su nombre lo indica es la cantidad de emisiones que una persona de determinada ciudad, país o del mundo genera en un tiempo determinado; para el caso del Valle de Aburrá se tomo entonces el valor total de las emisiones de CO₂ equivalente: 8'314.252,84 ton CO₂ eq. y se dividieron con la cantidades de habitantes para el 2015: 3'777.009; lo cual corresponde entonces a un total de 2,2 ton CO₂ eq. por habitante del Valle de Aburrá . Las siguientes gráficas muestran como las emisiones per-cápita de GEI se comparan con otras ciudades latino americanas y del resto del mundo (CDP - Driving Sustainable Economies, 2016).

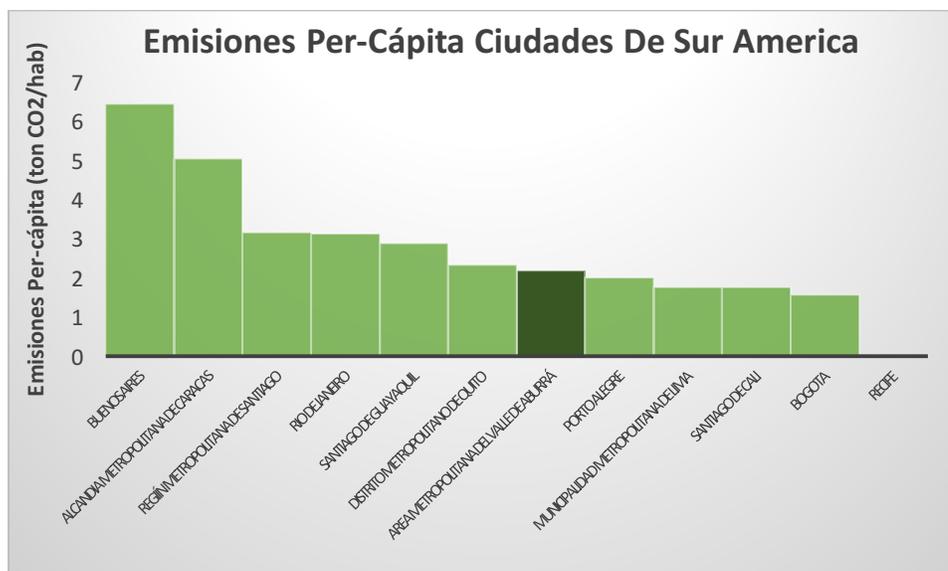


Ilustración 26. Emisiones per-cápita reportadas en el 2016 en ciudades Sur-americanas. Información tomada de (CDP - Driving Sustainable Economies, 2016)

Comparando los resultados con lo reportado por otras ciudades colombianas, específicamente Bogotá y Cali, las emisiones per-cápita del Valle de Aburrá son mayores en un 26% y 18% respectivamente. Debe aclararse que para las dos ciudades mencionadas el inventario se realizó bajo las directrices del IPCC, que pueden ser aplicadas a escala municipal pero se diseñaron para realizar inventarios

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

a nivel Nacional. Sin embargo algunas ciudades suramericanas si realizaron el inventario siguiendo la metodología del GPC, como Buenos Aires, Rio de Janeiro, Quito, Porto Alegre y Lima. Esto ubica al Valle de Aburrá entre rangos normales si se compara con estas ciudades.

En el la región suramericana, el Valle de Aburrá se ubica dentro del rango de ciudades como Porto Alegre (Brasil), Cali (Colombia), Guayaquil (Ecuador), Lima (Perú), etc. Dentro de la la misma región la mayor emisión per-cápita se emite en la ciudad de Buenos aires, que se encuentra alrededor de 6,45 toneladas de CO2 por habitante de la ciudad.

De las ciudades analizadas en la anterior ilustración y considerado la clasificación presentada por el Mckinsey Global Institute, se pueden consideran mega ciudades Buenos aires y Sao pablo, luego basándose en el PIB de cada país se unen las ciudades de Caracas, Bogotá, Lima y Santiago de Chile. Luego en el tercer grupo se encuentran Porto Alegre, Cali, Medellín, Guayaquil y Quito (McKinsey Global Institute, 2011).

Cuando se analiza el PIB per cápita de las ciudades sur americanas se encuentra que Buenos Aires, Santiago de Chile y Caracas tienen el mayor PIB per-cápita en el 2015. Para el caso de Medellín su PIB per-cápita fue mayor que el de Bogotá y el de Cali (Wikipedia , 2016).

EMISIONES DEL VALLE DE ABURRÁ EN EL CONTEXTO GLOBAL

Los datos presentados en la [Ilustración 27. Emisiones per-cápita reportadas en el 2016 coloreadas por región. Información tomada de \(CDP - Driving Sustainable Economies, 2016\)](#), muestran como las ciudades norte-americanas (en color rosa) presentan los valores más altos en cuanto a emisiones per-cápita, siendo Houston la ciudad que genera la mayor cantidad de emisiones por habitante con 15,22 ton CO₂ eq. durante el 2014. Las ciudades europeas (color morado), no se ubican en una misma zona como pasa con las norteamericanas, por el contrario se encuentran distribuidas por toda la gráfica. La ciudad Sur-africana Ciudad del Cabo (Capetown) pintada de naranja se ubica en los valores medios con una tasa de emisión por habitante de 5,77 ton CO₂ eq. Las ciudades identificadas con color verde son las latinoamericanas, siendo verde oscuro ciudades mexicanas y el verde claro ciudades Sur-americanas; y como se observa todas tienden a ubicarse en los valores más bajos de emisiones per-cápita, sin embargo la ciudad de argentina, Buenos Aires se encuentra en el rango de ciudades Norte-Americanas.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

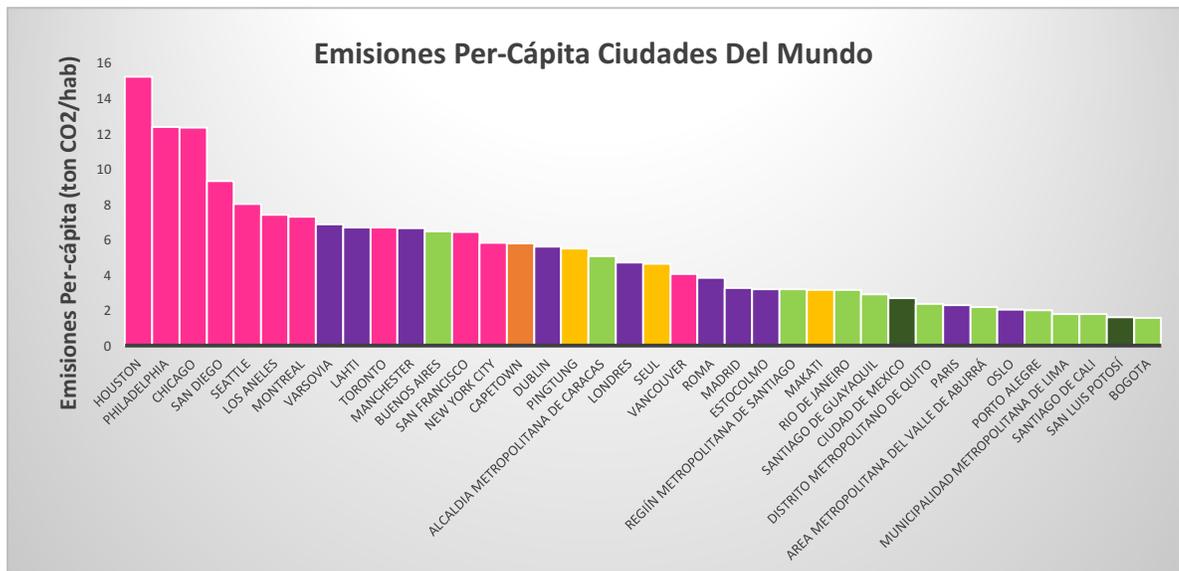


Ilustración 27. Emisiones per-cápita reportadas en el 2016 coloreadas por región. Información tomada de (CDP - Driving Sustainable Economies, 2016)

Cuando se analiza el caso del Valle de Aburrá nivel mundial se puede notar como se ubica con los valores más bajos, de ciudades como París, Oslo, Porto Alegre y Lima. Del resto de ciudades es necesario resaltar las tasas de emisión de ciudades como Cape-Town y Pingtung ciudades no tan desarrolladas, que reportan una tasa de emisiones alrededor de 5,6 toneladas de CO₂ eq. Por habitante, lo que equivale a un 62% más de lo que se emite en el Valle de Aburrá.

En las siguientes comparaciones no se consideraron las ciudades con emisiones per cápita que por sus condiciones particulares se salen de la norma. De acuerdo a los registros presentados en el portal (CDP - Driving Sustainable Economies, 2016) hay varias ciudades con emisiones per cápita muy elevadas como la de Rotterdam ubicada en Los Países Bajos y Las Vegas en los Estados Unidos. Estas ciudades presentan registros de 50,5 y 47,7 ton CO₂ eq respectivamente, que se consideran valores por fuera de la norma y se decide no incluirlas en la gráfica pues no permitirían realizar el análisis adecuado. Sin embargo al ser fuentes emisoras tan significativas se hace necesario entenderlas un poco más a fondo.

Rotterdam por su parte emitió en el 2015 31'512.000 ton CO₂ eq a la atmósfera, además en ella se encuentra el puerto y complejo industrial más grande de Europa con un aproximado de 40 km de largo; A nivel mundial el puerto de Rotterdam es el cuarto según el tránsito de mercancías en toneladas, dentro de la zona portuaria se registran unos 400.000 movimientos de buques de carga en el año y un total de un 1'000.000 de movimientos al año (Mesa & Socas, 2015). Dada esta

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

característica las tan elevadas emisiones podrían asociarse entonces a este sector, pues el consumo de combustibles por todo el movimiento de buques se asociaría a la ciudad como tal, lo que marcaría una gran diferencia con otras ciudades.

La Ciudad de Las Vegas en cambio maneja una dinámica económica y territorial muy diferente a la de Rotterdam que es meramente industrial. Las Vegas es una ciudad que se encuentra ubicada en el estado de Nevada en la base de la cuenca del desierto de Mojave, rodeada por diversas formaciones montañosas y la mayoría del paisaje se caracteriza por vegetación y fauna desértica; Su temperatura es árida con un promedio de 300 días soleados y 4,2 pulgadas de lluvias al año (Briney, 2016). Las Vegas fue creada en 1905 y desde entonces empezó a atraer gran número de residentes y visitantes, lo que generó un desarrollo económico y social significativo para la ciudad. Sin embargo, este desarrollo trajo consigo altas demandas de agua lo cual no es fácil de manejar debido a las condiciones geográficas de la ciudad (Southern Nevada Water Authority, 2015). Además Las Vegas es reconocida a nivel mundial por su actividad turística y sus atractivos casinos y lujosos hoteles, en ella se encuentra concentrada la zona más grande de casinos del mundo (Briney, 2016) por lo cual también es conocida como la ciudad que nunca duerme; esto puede llevar a altas demandas energéticas durante todo el año. Las Vegas recibe anualmente un aproximado de 40 millones de visitantes (Southern Nevada Water Authority, 2015) lo que se considera como población flotante, pero al ser tan elevada es un factor importante al realizar el inventario de emisiones de GEI. Todos los factores mencionados anteriormente: la ubicación geográfica, la compleja infraestructura para poder abastecer a la ciudad, la base de su economía, altas demandas energéticas y una significativa población flotante, pueden generar que el inventario de emisiones presente valores muy por encima de los valores promedio.

EMISIONES DEL VALLE DE ABURRÁ EN EL CONTEXTO REGIONAL

Entender el comportamiento del Valle de Aburrá respecto a Colombia se hace necesario para poder entender la dinámica que se está generando en el país. Según el inventario realizado por el IDEAM con año base 2010, presentado en (Cadena, y otros, 2015), en el 2010 se emitieron 223,95 Mton de CO₂ eq. sin embargo este inventario fue realizado según las directrices del IPCC 2006, e incluye los 4 sectores principales que requiere esta metodología. Para poder analizar este inventario respecto al del Valle de Aburrá se debe solo estudiar los sectores incluidos en este inventario. Aplicando esta idea el país emitió durante el 2010 84'940.000 ton CO₂ eq en los sectores de energía estacionaria, residuos y transporte. El transporte a nivel nacional emitió un total de 22'660.000 ton CO₂ eq y el sector residuos 13'730.000 ton CO₂ eq. (Cadena, y otros, 2015)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Ahora bien, si consideramos que durante el 2015 se emitieron las misma cantidad de toneladas de CO2 equivalente a nivel nacional, el Valle de Aburrá estaría aportando el 9,8% del total de emisiones, en el sector transporte aporta el 13,6% de las emisiones nacionales del mismo sector, y por último el sector de residuos solo aporte el 4,8% de las emisiones nacionales del mismo sector.

EMISIONES PER-CÁPITA EN RELACIÓN CON LA DENSIDAD URBANA.

Este análisis busca empezar a entender cuales son los factores que más influyen en las emisiones generadas en una ciudad. La densidad urbana es una variable que sirve para caracterizar las ciudades dependiendo de su desarrollo, esta permite categorizarlas en compactas o difusas, siendo las segundas ciudades con bajos valores de densidad urbana (Hermida, Hermida, Cabrera, & Calle, 2015). Para esto se tomaron referencias sobre la extensión territorial de cada ciudad seleccionada y se calculó su densidad urbana, para graficarla con el respectivo valor de emisiones per-cápita reportadas.

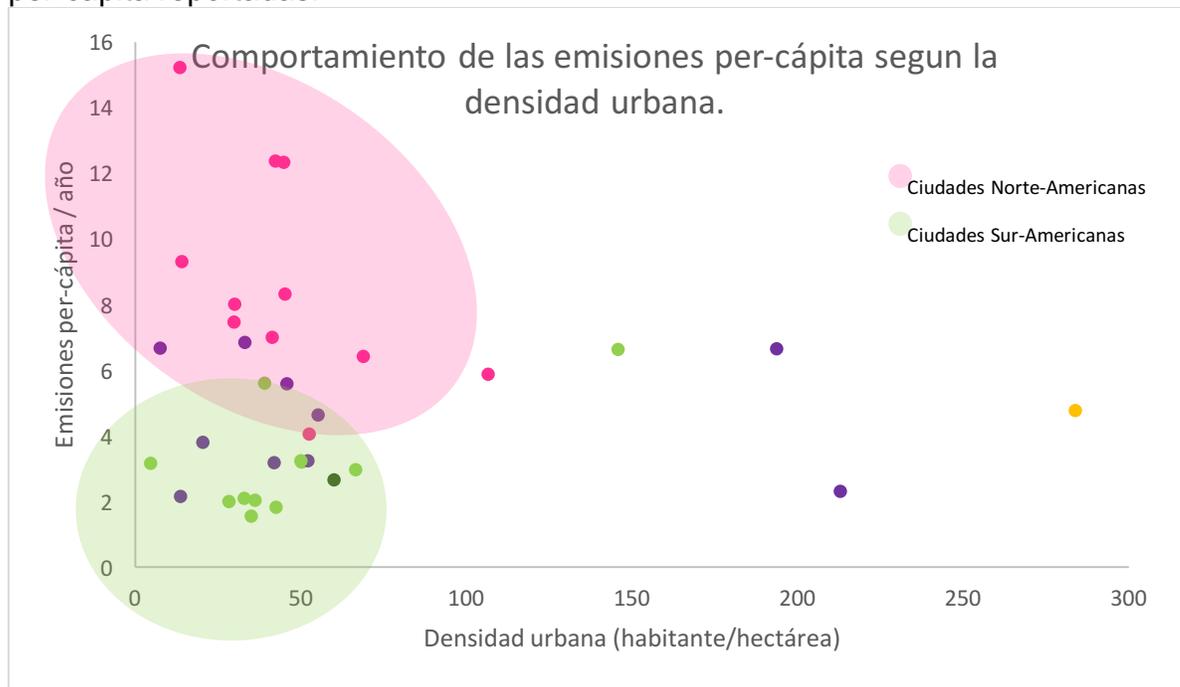


Ilustración 28. Comportamiento de las emisiones per-cápita / año, en relación a la densidad urbana

Como se observa en la gráfica no se puede determinar un patrón claro que relacione la densidad urbana con la cantidad de emisiones que genere una ciudad, es decir que sin importar si una ciudad es compacta o difusa sus emisiones

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

pueden ser más o menos que las de otras ciudades, pues no se encuentra una correlación entre las dos variables.

Sin embargo, sí puede notarse como todas las ciudades norteamericanas se ubican por encima de las demás (área sombreada de rosa), mientras que todas las suramericanas se ubican en la misma región del gráfico (área sombreada de verde). Las ciudades europeas no se congregan en una región tan específica como en los otros dos casos, si no que tiene una distribución más dispersa (Puntos morados).

Esta gráfica sugiere que las emisiones per-cápita de una ciudad pueden estar más influenciadas por el tipo de economía, características específicas, desarrollo e infraestructura que hay dentro de una ciudad que su modelo de expansión territorial. Sin embargo si se ha establecido que el consumo de energía relacionada al transporte terrestre esta relacionado con la densidad urbana de una ciudad (Kenworthy, 2007). Como se muestra en la ilustración 29, a menor densidad urbana se generan más consumos energéticos relacionados al transporte, mientras que en ciudades más compactas los consumos del transporte tienden a disminuir por que todo esta concentrado en una región más pequeña.

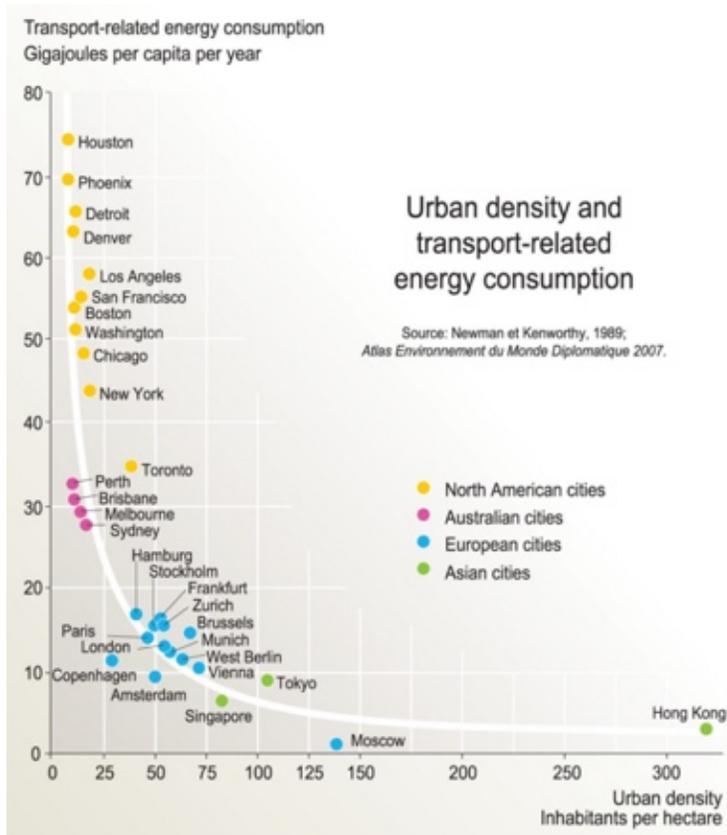


Illustration 29. Urban density and transport-related energy consumption (Kenworthy, 2007)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

6. CONCLUSIONES

EMISIONES POR SECTOR

La mayor fuente de emisión de GEI durante el 2015 en el valle de Aburrá fue la industria manufacturera, seguida del transporte terrestre, y por último se encuentra el sector de residuos. Sin embargo, cabe resaltar que para este sector no se tuvo en cuenta la incineración de residuos y la disponibilidad de datos fue la más limitada.

En cuanto al sector industrial se emitió un total de 2'989.906,51 toneladas de CO₂ durante el 2014, según el estudio al que se hizo referencia realizado por el área metropolitana del Valle de Aburra y la universidad Pontificia Bolivariana (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2015) y debe tenerse en cuenta que no tiene en cuenta la industria de la construcción. Teniendo en cuenta el análisis presentado por la cámara de comercio de Medellín para Antioquia, la industria dentro del Valle de Aburrá ha venido disminuyendo su capacidad, por lo que se esperaría entonces que estas emisiones vengán disminuyendo paulatinamente. Según el informe la inversión en el sector industrial fue menor al que se le hizo en el 2014. Además, según la evolución de los principales indicadores económicos de Antioquia, entre el 2014 y el 2015 la producción y la utilización de la capacidad instalada a nivel industrial disminuyó. Las transacciones inmobiliarias se mantuvieron estables pero si aumento las áreas aprobadas para la construcción (Camara de Comercio de Medellín para Antioquia, 2016).

Mirando toda la situación en años futuro, el Valle de Aburrá deberá consolidar su economía en una plataforma de servicios financieros y comerciales, ofrecer servicios basados en el talento y la creatividad, la ingeniería, la salud, el turismo sostenible y la manufactura textil, obligando a la industria manufacturera restante a trasladarse a zonas con mejores ofertas de movilidad y mayores garantías (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2007). Lo anterior implicaría entonces disminuciones en las emisiones del sector industrial, siempre y cuando se establezcan las herramientas locales como estrategias que permitan una sinergia entre todos los sectores con el fin a potencializar su capacidad y comenzar a terciar la industria en el Valle de Aburrá.

Ahora bien, el transporte terrestre participa en un 30% de las emisiones generadas en el valle de Aburrá, lo cual puede considerarse como una situación preocupante para la ciudad, pues esta 5 puntos porcentuales debajo de la industria manufacturera. Desde un punto de vista objetivo se sabe que modificar el sistema de movilidad es un procesos paulatino que se va desarrollando a lo largo de los

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

años, y sería inapropiado proponer soluciones rápidas y a corto plazo en cuanto a este sector. Pero sigue siendo el principal sector donde se deben enfocar esfuerzos para reducir el consumo y el uso del transporte terrestre que use combustibles fósiles.

Uno de los grandes problemas asociados a la movilidad del Valle de Aburrá recae sobre la topografía y la ubicación del territorio, pues su localización lo ubica en una zona de desventaja haciendo más difícil su comunicación con otras zonas del país y dentro del mismo territorio, sumándose a una ineficiente de infraestructura para la movilidad y transporte masivo (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2009), lo que ha promovido el uso de automóvil y transporte privado dentro del valle de Aburrá. Dentro de los sistemas de movilidad del valle de aburra no hay una funcionalidad por la falta de articulación entre los mismos (sistemas metro, buses, busetas, microbuses, taxis) (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2009), haciendo que el transporte público sea menos eficiente y atractivo para los usuarios. Todo esto puede verse reflejado en el acelerado aumento del transporte privado, pasando de 664.295 a 1'347.067 vehículos desde el 2007 al 2015. (Registro Único Nacional de Transito, 2016). Teniendo en cuenta todo lo anterior, este sector se convierte en un objetivo clave en el cual se pueden reducir una cantidad significativa de emisiones, sin presentar conflictos directos con la economía de la región. Es decir, si se buscan estrategias directas y concretas para reducir el uso del automóviles y transporte privado, no se afectara directamente la economía de la región pues como se menciona anteriormente la región esta buscando consolidarse como en una economía de servicios y con el apoyo de la industria textil.

La disposición final de los residuos solidos aporta un 7% del total de las emisiones, al ser in emisor directo de metano a la atmósfera puede generar grandes impactos sobre la problemática ambiental. Sin embargo si los residuos son manejados de la mejor manera estas emisiones pueden aprovecharse energéticamente disminuyendo el impacto de las emisiones y reduciendo el consumo de combustibles fósiles. Aunque en el Valle de Aburrá existe una planta de tratamiento de residuos orgánicos ubicada en el relleno sanitario el Guacal, el 45% de los residuos que llegan a los rellenos se caracterizan como orgánicos, lo cual deja gran porcentaje de residuos que todavía no se les esta dando el tratamiento adecuado y no se esta aprovechando el su potencial energético.

INCERTIDUMBRE

Cómo cualquier trabajo científico o experimental, la mayoría de los inventarios de gases efecto invernadero traen consigo un porcentaje de incertidumbre. Para este caso los factores de emisión seleccionados y las fuentes de donde se tomaron los datos de las diferentes actividades aportan a este grado de incertidumbre. Cada

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

factor de emisión por ejemplo trae consigo asociado un porcentaje sobre la cantidad de contaminante que se está emitiendo en realidad. Para este caso en particular, el sector donde se puede considerar que hay más incertidumbre es en el sector de residuos. Esto se debe a que por falta de información fue necesario realizar regresiones y escalar información para poder contar con una cantidad significativa de datos y hacer el análisis. Además, tampoco había valores exactos sobre los factores de emisión que están relacionados con la capacidad de los residuos de generar los diferentes gases; ante esta situación fue necesario usar factores predeterminados por la IPCC a nivel internacional, lo cual puede no representar la realidad de lo que está sucediendo en el sector particular.

Aunque las directrices del IPCC plantean hacer un estudio riguroso sobre la incertidumbre de los inventarios, muchos autores que ya han realizado este inventario consideran que realizar ese estudio estadístico resulta muy complejo para inventarios que están diseñados para realizar cada año y que involucraría mucho nivel de detalle sobre cada proceso que no se tiene en realidad. En los inventarios usados como referencia, es decir el de Río de Janeiro (Centro Clima; COPPE; UFRJ, 2012) y el de la ciudad de New York (The City of New York; Mayor Bill de Blasio; Mayor's Office of Sustainability, 2016), no se calculan la incertidumbre pero enuncian los elementos que generan incertidumbre y que deben ser tenidos en cuenta al momento de interpretar los datos. Este estudio siguió este mismo enfoque con respecto a la incertidumbre.

RECOMENDACIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

Para poder tener una visión más clara sobre la situación del área metropolitana del Valle de Aburrá es necesario realizar el inventario con el alcance BASIC +, pues dentro de estos sectores se pueden estar generando más contaminantes que deben ser también analizados.

Además se propone hacer un estudio más meticuloso sobre el estado, manejo y tratamiento de los residuos sólidos, con el fin de tener información más acertada y concreta para este sector. Para el sector de transporte, también se recomienda hacer el mismo estudio pero con la metodología ASIF, la cual requiere de modelos que permitan estimar los kilómetros recorridos por cada vehículo con el fin de tener información más precisa y se podría comparar con el modelo de ventas de combustibles para ver si este modelo podría representar una parte importante de las emisiones del parque automotor.

BIBLIOGRAFÍA

Aeronáutica Civil. (2015). Tráfico Equipo Mes 2015.xlsx. *Estadísticas* . (U. a. Aeronatica Civil, Recopilador) Colombia.

Aeropuertos.net. (2016). *Aeropuerto internacional Jose Maria Cordoba (MDE)*. Recuperado el 8 de Septiembre de 2016, de Aeropuerto.net: <http://www.aeropuertos.net/aeropuerto-internacional-jose-maria-cordova/>

Agamez, A. (25 de Febrero de 2016). 2016, el años de la construcción en Antioquia. *Publimetro Colombia* .

Agencia Nacional de Hidrocarburos - ANH. (2015). *Estadísticas de Produccion* . Recuperado el 13 de Septiembre de 2016, de ANH - Agencia Nacional de Hidrocarburos : <http://www.anh.gov.co/Operaciones-Regalias-y-Participaciones/Sistema-Integrado-de-Operaciones/Paginas/Estadisticas-de-Produccion.aspx>

Agencia Nacional de Minería - ANM. (2015). *Estadísticas*. Recuperado el 8 de Septiembre de 2016, de SIMEC ; SIMCO; UPME: http://www.upme.gov.co/generadorconsultas/Consulta_Series.aspx?idModulo=4&tipoSerie=121&grupo=493

AirPlan: operadora de aeropuertos centro norte. (2016). *Rutas* . Recuperado el 8 de septiembre de 2016, de Aeropuerto Medellín: <http://www.aeropuertomedellin.co/web/page/162/Rutas>

AirPlan: operadora de aeropuertos centro norte. (2016). *Rutas*. Recuperado el 8 de Septiembre de 2016, de Aeropuerto de Rionegro: <http://www.aeropuertorionegro.co/web/page/183/Rutas>

Alcaldia de Medellín; Área Metropolitana Valle de Aburrá. (Diciembre de 2011). BIO 2030, Plan director Medellín, Valle de Aburrá. (1). Medellín, Antioquia , Colombia.

AMVA; U. de A.; AINSA; Corantioquia. (Abril de 2006). PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS REGIONAL DEL VALLE DE ABURRÁ. (1). Medellín, Antioquia, Colombia.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá; ACODAL. (Febrero de 2013). Manual ded aprovechamiento de reisuos orgánicos a través de sistemas de compostaje y lombricultura en el Valle de Aburrá. Medellín, Antioquia, Colombia.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana. (Abril de 2013). Inventario de emisiones atmosfericas del Valle de Aburrá, año base 2011. Medellín, Antioquia, Colombia.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Área metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana. (2005). Actualización del inventario de emisiones atmosféricas en el Valle de Aburrá, con georeferenciación de estas (convenio 323/2005). Medellín, Antioquia, Colombia.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana. (Diciembre de 2015). Inventario de emisiones atmosféricas del Valle de Aburrá, año base 2013. Medellín, Antioquia, Colombia.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana. (Diciembre de 2015). Política Pública de Construcción Sostenible. (1). Medellín, Antioquia, Colombia.

Área metropolitana del Valle de Aburrá. (2007). Plan integral de Desarrollo Metropolitano 2008-2020. Medellín, Antioquia, Colombia.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2011). *Plan de descontaminación*. (Á. M. Aburrá, Productor) Recuperado el 18 de junio de 2016, de Calidad del aire: <http://www.metropol.gov.co/CalidadAire/Paginas/plandedescontaminacion.aspx>

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2016). *Encuesta de Calidad de Vida*. Recuperado el 8 de Septiembre de 2016, de Observatorio Metropolitano de Información: <http://www.metropol.gov.co/observatorio/Paginas/encuesta.aspx>

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (Diciembre de 2007). Plan Integral de Desarrollo Metropolitano METRÓPOLI 2008 - 2020. (1). Medellín, Antioquia, Colombia.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (Diciembre de 2009). Plan maestro de movilidad para la región Metropolitana del Valle de Aburrá. (1). Medellín, Antioquia, Colombia.

Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (Diciembre de 2010). Atlas Metropolitano. (1). (Á. M. Aburrá, Ed.) Medellín, Antioquia, Colombia.

Área Metropolitana Valle de Aburrá, Universidad Pontificia Bolivariana, Universidad Nacional de Colombia . (2016). Inventario de Gases con Efecto de Invernadera en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Colombia: Línea base para evaluar políticas de mitigación y adaptación al cambio climático en áreas urbanas . *Seminario Internacional: Modelos de Desarrollo y Cambio Climático*. Montevideo .

ASEI. (s.f.). ASEI, 20 años gestionando el riesgo ambiental de los residuos peligrosos. Antioquia, Colombia.

ATR DC. (Septiembre de 2014). ATR 42-500 Unrivalled Performance. Francia.

Banco Mundial. (2 de Junio de 2016). *Public Data*. Recuperado el 18 de Junio de 2016, de Google: https://www.google.com.au/publicdata/explore?ds=d5bncppjof8f9_&met_y=en_atm_co2e_pc&idim=country%3ACOL%3AECU%3ABRA&hl=es&dl=es#!ctype=l&strail=false&bcs=d&

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

nselm=h&met_y=greenhouse_gas_emissions_co2_equivalent&fdim_y=greenhouse_gas:1
&scale_y=lin&ind_y=false&rdim=region&idim=country:COL:BRA:CHL:ARG:ATG:ABW:BH
S:BLZ:BRB:BOL:CRI:CUB:CUW:DMA:ECU:GRD:SLV:GTM:GUY:HTI:HND:CYM:TCA:VIR
:MEX:JAM:NIC:PAN:PRY:PER:PRI:DOM:KNA:MAF:VCT:SXM:LCA:SUR:TTO:URY:VEN&
ifdim=region&hl=es&dl=es&ind=false

Bedoya, J., & Martinez, E. (2009). Calidad del aire en el Valle de Aburrá Antioquia Colombia. *Dyna* (158), 7-15.

British Standards Institution, BSI. (2013). PAS 2070: 2013. Specification for the assessment of greenhouse gas emissions of a city.

Cadena, A., Bocarejo, J. P., Rodriguez, M., Rosales, R., Arguello, R., Delgado, R., y otros. (Noviembre de 2015). Upstream analytical work to support development of policy options for mid- and long-term mitigation objectives in Colombia. *Documento soporte para la INDC colombiana*. Bogota, Cundinamarca, Colombia.

Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia. (2012). Estructura empresarial de antioquia, Reconversión industrial en antioquia y políticas para su promoción, Los clusters como instrumento en estrategias de desarrollo regional. Algunas experiencias. *Revista Antioqueña de Economía y Desarrollo - RAED* (5).

Cámara de comercio de Medellín para Antioquia. (2015). Informe de estructuración cadenas productivas 2015. Medellín, Antioquia, Colombia.

Camara de Comercio de Medellín para Antioquia. (2016). Informe de la Economía Antioqueña 2015. *RAED- Revista antioqueña de economía y desarrollo* (14), 18-25.

Carbon dioxide information analysis (U.S.); World data center-A for atmospheric trace gases. (1994). *Trends '93: Compendium of data on global change* (Vol. 2). (C. d. center, W. d.-A. gases, E. s. division, & O. r. Laboratory, Edits.) Environmental Sciences Division Publication.

CDP - Driving Sustainable Economies. (27 de Septiembre de 2016). *Catalog: Maps*. Recuperado el 24 de Octubre de 2016, de CDP - Driving Sustainable Economies: <https://data.cdp.net/Cities/Citywide-Emissions-2016-Map/iqbu-zjaj/data>

Centro Clima; COPPE; UFRJ. (2012). Greenhouse gas emissions inventory of the city of Rio de Janeiro in 2012 and updating of the municipal plan of action for emissions reduction. *Technical Summary*. Rio de Janeiro, Brasil.

Congreso de la República. (18 de Julio de 1997). Ley 388 de 1997, por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones. Colombia.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

CONIF; Ministerio de Medio Ambiente; Organización Internacional de Maderas Tropicales. (Noviembre de 1998). Guía para plantaciones forestales comerciales Antioquia. (31). (E. V. Daniel Roncancio Guerrero, Ed.) Bogotá, Cundiamarca, Colombia.

Cosoy, N. (2 de Abril de 2016). *Noticias*. Recuperado el 18 de Junio de 2016, de BBC Mundo:
http://www.bbc.com/mundo/noticias/2016/04/160331_colombia_Medellín_contaminacion_nc

Chaparro, L. R., Cuervo, M. p., Gomez, J., & Toro, M. A. (1990). Emisiones al ambiente en Colombia. En IDEAM, *El medio ambiente en Colombia*.

DANE. (2005). Proyecciones poblacion municipales por área. Colombia.

Departamento Nacional de Planeación. (30 de Julio de 2014). *Estadísticas Históricas de Colombia*. Recuperado el 13 de Septiembre de 2016, de Departamento Nacional de Planeación de Colombia: <https://www.dnp.gov.co/estudios-y-publicaciones/estudios-economicos/Paginas/estadisticas-historicas-de-colombia.aspx>

Dlugokencky, E., & Tans, P. (2016). NOAA. Recuperado el 27 de Junio de 2010, de ESRL: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/full.html>

Dlugokencky, E., & Tans, P. (2016). NOAA. Recuperado el 27 de Junio de 2016, de ESRL: http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html#global_data

Dlugokencky, E., & Tans, P. (5 de Octubre de 2016). *Trends in Atmospheric Carbon Dioxide*. Recuperado el 30 de Octubre de 2016, de NOAA / Earth System Research Laboratory: http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html#global_data

Ejército Nacional de Colombia. (s.f.). *Unidades Militares*. Recuperado el 8 de septiembre de 2016, de Ejército Nacional de Colombia, Patria, Honor, Lealtad: <https://www.ejercito.mil.co/?idcategoria=239193>

Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá Limitada. (Septiembre de 2016). *Quiénes somos: Historia*. Recuperado el 8 de Septiembre de 2016, de Metro de Medellín: Calidad de Vida: <https://www.metrodemedellin.gov.co/Quiénessomos/Historia.aspx>

Empresas Públicas de Medellín. (18 de Agosto de 2016). *Plantas de Agua EPM*. Recuperado el 8 de Septiembre de 2016, de EPM: <http://www.epm.com.co/site/Home/Institucional/Nuestrasplantas/Agua.aspx>

Empresas Públicas de Medellín. (18 de Agosto de 2016). *Sistema de generación de energía de EPM*. Recuperado el 8 de Septiembre de 2016, de EMP: <http://www.epm.com.co/site/Home/Institucional/Nuestrasplantas/Energ%C3%ADa/Centraleshidroeléctricas.aspx>

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Empresas Públicas de Medellín. (2013). *Empresas*. Recuperado el 8 de Septiembre de 2016, de EPM: http://www.epm.com.co/site/clientes_usuarios/Clientesyusuarios/Empresas.aspx

Empresas Públicas de Medellín. (2014). Gestion de emisiones GEI de EPM. *Revista EPM* (9), 31.

Empresas Varias de Medellín. (2016). *Recolección y Transporte*. Recuperado el 8 de Septiembre de 2016, de EMVARIAS - Grupo EPM: http://www.emvarias.com.co/SitePages/IPVO_Recolección_y_Transporte.aspx

Empresas Varias de Medellín. (2016). *Relleno Sanitario La Pradera*. Recuperado el 8 de Septiembre de 2016, de EMVARIAS - Grupo EPM: <http://www.emvarias.com.co/SitePages/pradera.aspx>

Empresas Varias de Medellín. (2016). *Relleno Sanitario: Curva de Rodas*. Recuperado el 8 de Septiembre de 2016, de EMVARIAS Grupo EPM: <http://www.emvarias.com.co/SitePages/curvaRodas.aspx>

Enviaseo E.S.P. (2016). *EVAS - Enviambientales S.A. E.S.P.* Recuperado el 8 de Septiembre de 2016, de Enviaseo - Somos compromiso Ambiental: <http://enviaseo.gov.co/minimax-accordion/evas-enviambientales-s-a-e-s-p/>

ENVIASEO E.S.P. (2016). Portafolio de Servicios. Envigado, Antioquia, Colombia.

EPA, US Environmental Protection Agency. (11 de Octubre de 2016). *Causes of Climate Change*. Recuperado el 30 de Octubre de 2016, de Climate Change Science: <https://www.epa.gov/climate-change-science/causes-climate-change>

EPM (Dirección). (2011). *Tratamiento de aguas residuales -- Planta San Fernando* [Película]. Medellín - Colombia.

Escobar, P. M. (23 de Diciembre de 2015). Entregan la planta más moderna del país para tratar lixivados. *El Tiempo*.

EVAS S.A E.S.P. (2016). *Servicios*. Recuperado el 8 de Septiembre de 2016, de Evas S.A. E.S.P. Manejo Integral de Residuos: <http://www.evas.gov.co/index.php/servicios/dfro>

FAO. (2007). *Seguridad alimentaria - Consumo de proteína, Países*. Recuperado el 10 de Octubre de 2016, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura:

http://www.fao.org/fileadmin/templates/ess/documents/food_security_statistics/FoodConsumptionNutrients_es.xls,

<http://www.fao.org/search/es/?cx=018170620143701104933%3Aqq82jsfba7w&q=COMSUMO+DE+PROTE%C3%8DNA&cof=FORID%3A9&siteurl=www.fao.org%2Fsearch%2Fes%2F%3Fcx%3D018170620143701104933%253Apvqiwrhqq%26q%3DPROTE%25C3>

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

%258DNA%26x%3D0%26y%3D0%26cof%3DFORID%253A9&ref=www.fao.org%2Feconomic%2Fess%2Fess-home%2Fes%2F&ss=7605j3675895j28

García, C. (2006). Estado del conocimiento de los depósitos de vertiente del Valle de Aburrá. *Boletín de Ciencias de la Tierra* (19), 101-112.

García, D. C. (2014). *Inventario de gases de efecto invernadero generados por actividades agrícolas en el Valle de Aburrá*. Tesis Magister, Universidad Nacional de Colombia, Antioquia, Colombia, Medellín.

Gobernación de Antioquia; Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. (2014). Anuario Estadístico del Sector Agropecuario en el Departamento de Antioquia 2013. *PDF*. Medellín, Antioquia, Colombia.

Gobernación de Antioquia. (2013). *Evolución Demográfica de las Subregiones de Antioquia*. Recuperado el 20 de Junio de 2016, de Gobernación de Antioquia.

Gobierno de Colombia. (2015). Contribución Presvite y Determinada a Nivel Nacional INDC. *Compromisos de Colombia en COP21*. Colombia.

Gomez, P. E., Duran, G. A., & Rivera, O. A. (Abril de 2013). Composición de la Economía de la Región Noroccidente de Colombia. Colombia.

Gonzales, M., Jurado, E., Gonzales, S., Aguirre, O., Jimenez, J., & Navar, J. (2003). Cambio climático mundial: origen y consecuencias. *Ciencia UANL*, VI (3), 377-385.

Grupo del Banco Mundial. (2016). *El Banco Mundial BIRF - AIF*. Recuperado el 19 de Junio de 2016, de Datos: <http://datos.bancomundial.org/indicador>

Grupo EPM. (2013). *Propósito y Estrategia*. Recuperado el 8 de Septiembre de 2016, de Grupo EPM: <http://www.grupo-epm.com/Home/Propositoyestrategia.aspx>

Gui, A. D. (2012). *Inventario de Emisiones de Gases Efecto Invernadero para la Región cundinamarca - Bogotá*. Tesis Magistral, Universidad Nacional de Colombia, Ingeniería química y ambiental, Bogotá.

Guío, A. D., & Urrego, M. M. (2004). Módulo de Energía. *Inventario Nacional de Fuentes y Sumideros de Gases Efecto Invernadero*. Colombia.

Gutierrez, Z. G. (2009). La expansión urbana sobre las periferias rurales del entorno a la ciudad metropolitana. *Soluciones de postgrado* (3), 63-74.

Heno, G. J., & Márquez, L. M. (2008). *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia*. Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería - Posgrados de Ambiental, Medellín.

Hermelin, M. (2007). Valle de Aburrá. *Gestión y Ambiente*, X (2), 7-16.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Hermida, M. A., Hermida, C., Cabrera, N., & Calle, C. (2015). La densidad urbana como variable de análisis de la ciudad. El case de Cuenca, Ecuador. *EURE* , 41 (124), 25-44.

IDEAM; PNUD; MADS; DNP; CANCELLERÍA. (2015). Primer Informe Bienal de Actualización de Colombia ante la CMNUCC. Bogotá D.C., Colombia.

IDEAM. (5 de Octubre de 2016). RESPEL generados AMVA.xlsx. Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia.

IDEAM. (5 de Octubre de 2016). RESPEL Manejo AMVA.xlsx. Bogotá D.C., Cundinamarca, Colombia.

INCOMBUSTION. (Enero de 2016). Consultoria Tecnica para el fortalecimiento y mejora de la base de datos de los factores de emisión de los combustibles colombianos. Medellín, Antioquia, Colombia.

International Energy Agency (IEA). (2008). *World energy outlook 2008*. Paris: OECD.

IPCC. (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. (S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, K. Tanabe, Edits., & I. T. Ltd., Trad.) Hayama, Japón: IGES.

IPCC. (2013). *Summay for Policymakers* . (T.F., D. Quin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. Allen, J. Boschung, y otros, Edits.) Cambridge; New York, United Kidgdom; USA: Cambridge University Press.

IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report*. (R. Pachauri, & L. Meyer, Edits.) Geneva, Switzerland: Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC. (2014). *Summary of Policymarkers in Climate Change 2014: Mitigation of climite Change*. (O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, y otros, Edits.) Cambridge; New York, United Kingdom; USA: Cambridge University Press.

Jaramillo, V. J. (1994). El cambio global: interaccion de la biota y la atmósfera. (C. C. Trueba, Ed.) *Ciencias* (35), 4-14.

Kore, M. E. (1999). Monitoreo de la calidad del aire en América Latina. Lima, Perú.

Lebel, L., Garden, P., Banaticla, M. R., Lasco, R. D., Contreras, A., Mitra, A., y otros. (2007). Integrating Carbon Management into de Develpoment Strategies of Urbanizing Regions in Asia. *Journal of Industrial Ecology* , 11 (2), 61-81.

Letcher, T. M. (2014). Chapter 1: Introduction with a focus on atmospheric carbon dioxide and climate change. En T. M. Letcher, *Future Energy* (2ª edición ed., págs. 2-16). Durban, South Africa: Elsevier Ltd.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Local Governments for Sustainability - ICLEI. (Octubre de 2009). International Local Government GHG Emissions Analysis Protocol (IEAP).

Lomas, K. J. (2010). The carbon footprint of UK cities. *ISOCARP* (06), 168-190.

Mariand, G., Andres, R., & Boden, T. (1994). Global, regional and national CO2 emissions. (C. d. center, W. d.-A. gases, E. s. division, & O. r. laboratory, Edits.) *Trends '93: A compendium of Data on global Change*, 2 (4195).

Martinez, I. O. (2009). *Espectroscopia FTIR de absorción solar y lunar para la determinación en columna de CO en la capa de mezcla de la ciudad de México*. Tesis, Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de ciencias de la atmósfera, México.

McKinsey Global Institute. (Agosto de 2011). Building globally competitive cities: The key to Latin American growth. New York, NY.

Mesa, C. Y., & Socas, I. H. (2015). *El Puerto de Rotterdam*. Trabajo Fin de Grado, Escuela Politécnica Superior de Ingeniería - Universidad de la Laguna, Náutica y Transporte Marítimo, San Cristobal de La Laguna.

Metro de Medellín LTDA. (2015). Memoria de sostenibilidad 2015. Medellín, Antioquia, Colombia.

Ministerio de Minas y Energías. (11 de Octubre de 2016). Aburrá 2015 Ventas.xlsx. Colombia.

MIT. (2015). *The Data, Aircraft and Related*. Recuperado el 21 de Octubre de 2016, de MIT Global Airline Industry Program - Airline Data Project: <http://web.mit.edu/airlinedata/www/Aircraft&Related.html>

Mitchell, J. F. (1989). The "Greenhouse" effect and climate change. *Reviews of geophysics* (27), 115-139.

NESTA. (2006). *UCAR: Center for science education*. (UCAR, Editor) Recuperado el 19 de Junio de 2016, de Carbon Dioxide: <http://scied.ucar.edu/carbon-dioxide>

Olaya Herrera Aeropuerto. (2016). *Nuestra Entidad: El Olaya Herrera ¿Que papel cumple en la ciudad?* Recuperado el 8 de septiembre de 2016, de Olaya Herrera Aeropuerto: <http://www.aeropuertoohayaherrera.gov.co/nuestra-entidad/el-olaya-herrera-que-papel-cumple-en-la-ciudad#>

Perez, C. (1993). Los ecosistemas del Valle de Aburrá, pasado, presente y futuro. *Seminario: Una mirada al valle de Aburrá*, (págs. 63-95).

Population Reference Bureau. (Agosto de 2015). *2015 World population data sheet*. Recuperado el 16 de Junio de 2016, de PRB: http://www.prb.org/pdf15/2015-world-population-data-sheet_eng.pdf

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Red Colombiana de Ciudades Como Vamos (RCCCV). (Junio de 2016). Informe de Calidad de Vida de Medellín 2012-2015. (U. Coordinadora, Ed.) Medellín, Antioquia, Colombia.

Registro Único Nacional de Tránsito. (Enero de 2016). *Cifras y estudios: parque Automotor*. Recuperado el 8 de Septiembre de 2016, de Secretaría de Movilidad de Medellín: https://www.Medellín.gov.co/movilidad/jdownloads/Cifras%20y%20Estudios/Parque%20automotor/parque_automotor_matriculado_en_los_organismos_de_tránsito_del_valle_de_aburr.pdf

Resgistro Unico Nacional de Tránsito -RUNT. (2016). *Documentos: Tablas parametricas - Tabla 552*. Recuperado el 8 de Septiembre de 2016, de RUNT: <http://www.runt.com.co/portel/libreria/php/01.040303.html?dif=83ae057fd08770a2853cd0b8bf8f7ac7>

Sanchez, G. P. (2008). Dinámicas urbano - rurales en los bordes de la ciudad de Medellín. *Gestión y ambiente* , 11 (3), 161-172.

Secretaría de movilidad; Subsecretaria tecnica; Unidad de transporte; UNE. (31 de Agosto de 2016). *Cifras y Estudios: parque automotor*. Recuperado el 8 de Septiembre de 2016, de Secretaria de movilidad de Medellín: https://www.Medellín.gov.co/movilidad/jdownloads/Cifras%20y%20Estudios/Parque%20automotor/transporte_matriculado_en_la_secretara_de_movilidad_de_medelln.pdf

Southern Nevada Water Authority. (2015). Water Resource Plan 2015. Nevada, United States.

Sovacool, B. K., & Brown, M. A. (2009). Twelve metropolitan carbon footprints: A preliminary comparative global assessment. *Energy Policy* , 38, 4856-4869.

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliario. (Diciembre de 2015). Disposición Final de Residuos Sólidos. (7). Bogota D.C., Cundinamarca, Colombia.

Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios. (04 de Octubre de 2016). *Servicio de Gas Natural*. Recuperado el 04 de Octubre de 2016, de Sistema Único de Información de Servicios Públicos, SUI: http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=gas_com_009

Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios. (04 de Octubre de 2016). *Indicadores: Bodega de Datos*. Recuperado el 04 de Octubre de 2016, de Sistema Único de Información de Servicios Públicos, SUI: http://bi.superservicios.gov.co/o3web/browser/showView.jsp?viewDesktop=true&source=SUI_COMERCIAL%2FVISTA_INICIAL_ACUE%23_public

The City of New York; Mayor Bill de Blasio; Mayor's Office of Sustainability. (Abril de 2016). Inventoru of New York City Greenhouse Gas Emissions in 2014. New York, NY, United States.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Tóth, B. (2016). *List of all Aircraft Types*. Recuperado el 21 de Octubre de 2016, de Aviation Fanatic - Free online aviation encyclopedia and pilot logbook: http://www.aviationfanatic.com/ent_list.php?ent=4

UNEP; UN-HABITAT; World Bank; Cities Alliance. (28 de Junio de 2010). *International Standard for Determining Greenhouse Gas Emissions for Cities*.

UNFPA. (2007). *State of world population 2007*. Recuperado el 16 de Junio de 2016, de United nations population fund: https://www.unfpa.org/sites/default/files/pub-pdf/swp2007_spa.pdf

Unidad de planeación minero energética - UPME. (Diciembre de 2013). *Cadena del Gas Licuado de Petróleo 2013*. Bogotá D.C, Cundinamarca, Colombia.

Unidad de Planeación Minero Energética - UPME. (Febrero de 2005). *La cadena del petróleo en Colombia*. (1). Bogota, Cundinamarca, Colombia.

Wikipedia . (1 de Septiembre de 2016). *Anexo: Indicadores de las ciudades de América Latina*. Recuperado el 25 de Octubre de 2016, de Wikipedia: La enciclopedia libre: https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Indicadores_de_las_ciudades_de_América_Latina

Wikipedia. (15 de Octubre de 2016). *Wide-Body Aircraft*. Recuperado el 21 de Octubre de 2016, de Wikipedia, The Free Encyclopedia.

Wikipedia. (30 de Octubre de 2016). *Las Vegas*. Recuperado el 30 de Octubre de 2016 , de Wikipedia: The free encyclopedia : https://en.wikipedia.org/wiki/Las_Vegas#Economy

Wikipedia. (30 de Septiembre de 2016). *Narrow-body aircraft*. Recuperado el 21 de Octubre de 2016, de Wikipedia, The Free Encyclopedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Narrow-body_aircraft

World Resources Institute (WRI); C40 Cities; Local Government for sustainability (ICLEI). (Diciembre de 2014). *Greenhouse Gas Protocol. Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories* .

World Resources Institute; C40 Cities Climate Leadership Group; ICLEI - Local Governments for Sustainability. (2014). *Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emissions Inventories: An accounting and Reporting Standard for Cities*.

Yajie, D., Beicheng, X., & Weidong, C. (2014). Carbon footprint of urban areas: An analysis based on emission sources account model. *Environmental science & policy* (44), 181-189.

Young-Brown, F. (2015 de Septiembre de 2015). *Fuel Burn Rates for Private Aircraft*. Recuperado el 22 de Octubre de 2016, de SherpaReport: <http://www.sherpareport.com/aircraft/fuel-burn-private-aircraft.html>

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

ANEXO 1: ESTADO DE LAS ACTIVIDADES EMISORAS EN EL VALLE DE ABURRÁ

ENERGÍA ESTACIONARIA EN EL VALLE DE ABURRÁ

Edificios Residenciales:

Según los indicadores sobre la calidad de vida dentro del Área Metropolitana del Valle de Aburrá los servicios públicos domiciliarios para las viviendas de carácter residencial son: Acueducto, Alcantarillado, Energía Eléctrica, Gas Natural, Recolección de Residuos, Cable de televisión y satelital, internet, y la telefonía fija (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2016). Dentro de estos servicios los importantes para tener en cuenta en el reporte de emisiones de GEI es la Energía Eléctrica, el Gas Natural, Alcantarillado y Recolección de Residuos.

El Valle de Aburrá cuenta con un sistema de transmisión de energía eléctrica y de gas natural operado en su mayoría por las Empresas Públicas de Medellín, cuyo propósito es brindar soluciones a las comunidades, generar bienestar y equidad por medio del abastecimiento y desarrollo de infraestructuras para el suministro de electricidad, gas, aguas y saneamiento (Grupo EPM, 2013). Además del gas natural se encuentran viviendas que usan gas licuado de petróleo, también conocido como pipetas de gas. Según los reportes del AMVA se tiene entonces:

- Cobertura Residencial de energía eléctrica para el Valle de Aburrá durante el 2015 fue del 99,15% (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2016).
- Cobertura del sistema de conexión a gas natural para el Valle de Aburrá durante el 2015 fue de 74,32% (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2016).
- Cobertura residencial de gas en pipeta para el Valle de Aburrá durante el 2015 fue del 20,55%, (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2016).

Edificios Comerciales, Institucionales e identidades públicas.

Los establecimientos comerciales, edificios institucionales y áreas de uso público también requieren de los diferentes servicios para su funcionamiento óptimo. EPM al ser la entidad oficial que suministra estos servicios diferencia a los consumidores entre Regulados y no Regulados, pero dentro de estos no residenciales se encuentran incluidos también todos los consumidores de carácter industrial, por lo que se deben presentar los datos de manera muy detallada para asegurar la exactitud y consistencia del Reporte.

Según se presenta en la página web de EPM, ellos le prestan a estos consumidores no residenciales el servicio de gas natural, acueducto, alcantarillado y energía eléctrica (Empresas Públicas de Medellín, 2013).

Industrias Manufactureras y de Construcción.

Como se mencionó en el título anterior, EPM suministra de energía eléctrica y gas natural a las industrias pero están en el mismo grupo de consumidores No Regulados (Empresas Públicas de Medellín, 2013). Dentro del GPC las sub-categorías que deben ser tomadas en cuenta para las emisiones son las industrias productoras de: Acero y hierro, metales no ferrosos, químicos, papel, subproductos de papel, comida, bebidas, tabaco, minerales no-metálicos, equipos de transporte, maquinaria, minería, madera, subproductos de madera, construcción, cuero, textiles, industrias no especificada (World Resources Institute; C40 Cities Climate Leadership Group; ICLEI - Local Governments for Sustainability, 2014).

Según el último inventario de emisiones atmosféricas presentado por el Valle de Aburrá en el 2015, se encuentra que dentro del Valle de Aburrá se encuentran las siguientes industrias: acero y hierro, metales no-ferrosos, químicos, papel, subproductos de papel, comida, bebidas, tabaco, minerales no-metálicos, maquinaria, madera, subproductos de madera, textiles y cuero. (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2015)

Además debido a la gran expansión de la población urbana del Valle de Aburrá y Antioquia, CAMACOL establece que el sector de la construcción es uno de los más relevantes para la región pues aporta entre el 8 y 9% del PIB de la región. (Agamez, 2016).

Según la Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia, en el Valle de Aburrá la construcción representa un 3,96%, mientras que las industrias manufactureras equivalen al 15,11% de la estructura empresarial, además determinan que las industrias bajo la categoría de manufactureras del Valle de Aburrá son: Vestimenta, Productos alimenticios y bebidas, elaboración de productos de metal excepto maquinaria y equipos, impresión, producción de muebles, industrias de sustancias y productos químicos, productos textiles, industria de maquinaria y equipos, producción de madera y sus productos, producción de curtidos y cueros, producción de caucho y plásticos, elaboración de productos metalúrgicos básicos y otras (Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia, 2012).

Dicho esto entonces se concluye que para el Valle de Aburrá las 13 sub-categorías de industrias manufactureras y de construcción se aplicarían al reporte.

Industrias Energéticas

Dentro del Valle de Aburrá se ubican 4 centrales hidroeléctricas generadoras de energía para la red:

- Piedras Blancas: Esta localizada en la zona nororiental del municipio de Medellín, en esta central se da un aprovechamiento múltiple para generar energía y al mismo tiempo potabilizar el agua turbinada. La central tiene una capacidad instalada de 10MW con una turbina tipo péltón, sin embargo como esta generación condiciona la

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

el consumo de la planta de potabilización la capacidad real es de 5MW. El salto neto aprovechado por esta central es de 564 metros y un caudal real de $1\text{ m}^3/\text{s}$ (Empresas Públicas de Medellín, 2016).

- Tasajera: Al igual que piedras blancas esta central hace parte de un proyecto de aprovechamiento múltiple, es una central tipo caverna subterránea localizada en el municipio de Barbosa. Esta tiene instaladas 3 turbinas tipo pelton aportando así 306 MW al sistema eléctrico nacional. El salto neto aprovechado es de 933 m y un caudal de $13,25\text{ m}^3/\text{s}$ (Empresas Públicas de Medellín, 2016).
- Niquía: Ubicada en el municipio de bello, esta central también se diseño para un aprovechamiento múltiple, con una capacidad instalada de 19MW, sin embargo la infraestructura quedo diseñada para ampliar la capacidad a 57 MW. El salto neto aprovechado de de 420,5 metros y un caudal de $6,09\text{ m}^3/\text{s}$ (Empresas Públicas de Medellín, 2016).
- Ayurá: Esta es otra central de aprovechamiento múltiple ubicada en el municipio de envigado. Conformada por una unidad generadora con una turbina tipo francis tiene una capacidad generadora de 19MW. El salto neto aprovechado es de 350 metros y un caudal de $8,5\text{ m}^3/\text{s}$ (Empresas Públicas de Medellín, 2016).

Al ser todas generadoras hidroeléctricas no con llevan emisiones por generación de energía suministrada a la red, por lo cual solo se generan emisiones para el arranque de la generadora que puede provenir de la red eléctrica o del consumo de combustibles fósiles por plantas auxiliares.

Agricultura, Silvicultura y Piscicultura

Este sub-sector hace referencia entonces a la maquinaria usada en las actividades agrícolas y pecuarias que no sean de transporte. Por esto resulta pertinente estudiar la capacidad agrícola de los municipios asociados al Valle de Aburrá y tener una idea de su funcionamiento.

- Babosa: se presenta cultivos de caña, café, cebolla junca, fique, naranja valencia, piña y plátano. Estos cultivos cubren un área de 7.739,2 hectáreas (Gobernacion de Antioquia; Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural, 2014).
- Bello: se presenta cultivos de café, cebolla junca, tomate de árbol y plátano. Estos cultivos cubren un área de 972,5 hectáreas (Gobernacion de Antioquia; Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural, 2014).
- Caldas: se presenta cultivos de aguacate, caña, café, cebolla junca, y plátano. Estos cultivos cubren un área de 1.085,0 hectáreas (Gobernacion de Antioquia; Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural, 2014).
- Copacabana: se presenta cultivos de caña, café, cebolla junca, fique, naranja común y plátano. Estos cultivos cubren un área de 1.913,6 hectáreas (Gobernacion de Antioquia; Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural, 2014).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

- Envigado: se presenta cultivos de brevo, café, cebolla junca, fresa, mora, tomate de árbol y plátano. Estos cultivos cubren un área de 411,0 hectáreas.
- Girardota: se presenta cultivos de aguacate, caña, café, cebolla junca, fique, mora, naranja valencia y plátano. Estos cultivos cubren un área de 3.593,8 hectáreas (Gobernacion de Antioquia; Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural, 2014).
- La Estrella: se presenta cultivos de aguacate, café, cebolla junca, cítricos y plátano. Estos cultivos cubren un área de 717,5 hectáreas (Gobernacion de Antioquia; Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural, 2014).
- Medellín: se presenta cultivos de aguacate, brevo, caña, café, cebolla junca, col, fresa, guayaba manzana, limón mandarino, mandarina oneco, mango, mora, naranja valencia, plátano y tomate de árbol. Estos cultivos cubren un área de 5.451,1 hectáreas (Gobernacion de Antioquia; Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural, 2014).
- Sabaneta: se presenta cultivos de café y plátano. Estos cultivos cubren un área de 196,5 hectáreas. (Gobernacion de Antioquia; Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural, 2014)

Respecto a la actividad piscícola para el 2010 se registró en la cámara de comercio de Medellín un aproximado de 473.675,0 animales sembrados, con una producción estimada de 104.070,6 kg. Además se estableció que el 90% de los productores no cuentan con permisos, el 98% de producto se comercia localmente y el 40% se auto consume en el lugar de producción. (Cámara de comercio de Medellín para Antioquia, 2015).

La explotación forestal predomina en el occidente del departamento antioqueño, sin embargo es una actividad que se encuentra presente en todo el departamento. Dentro del municipio de Medellín y caldas se da un desarrollo mediano de esta actividad económica con especies como *Pinus Patula*, *Cupressus lusitánica*, *Eucalyptus grandis* y *Pinus oocarpa* para la producción de madera para serrio, construcción de muebles, inmunización, construcción y elaboración de pulpa de papel (CONIF; Ministerio de Medio Ambiente; Organizacion Internacional de Maderas Tropicales, 1998).

Fuentes No Especificadas

La séptima división es una unidad operativa mayor del ejercito nacional cuya sede se encuentra en la ciudad de Medellín. Esta junto con la cuarta brigada hacen parte de la base militar presente en el área Metropolitana del Valle de Aburrá. Las unidades tácticas que están ubicadas dentro del Valle de Aburrá son (Ejercito Nacional de Colobmai):

- Batallón de Infantería N° 10
- Batallón de ingenieros de combate N° 4

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

- Batallón de Infantería N° 32
- Batallón de Apoyo y servicios para el combate N°4
- Batallón de policía militar N°4
- Grupo Gaula Antioquia

Emisiones fugitivas de la extracción, procesamiento, almacenamiento y transporte de carbón

En las estadísticas del sistema de información minero colombiano (SIMEC), en el 2015 se reportó producción minera en dos municipios del departamento antioqueño: Amagá y Titiribí (Agencia Nacional de Minería - ANM, 2015). Por lo anterior se concluye que dentro del Valle de Aburrá no se da esta actividad generadora.

Emisiones fugitivas del sistema de petróleo y gas natural

Según el inventario realizado por el IDEAM en el 2004 para el territorio Colombiano, las principales emisiones fugitivas tanto de metano como de dióxido de carbono proviene de la producción de petróleo, el procesamiento de carbón y el proceso de falmado de gas natural en teas (Guío & Urrego, 2004). Según la producción fiscalizada de crudo para el 2015 disponible en la agencia nacional de hidrocarburos, en el departamento antioqueño se produjo petróleo en los municipios de Puerto Nare, Puerto Triunfo y Yondó, dejando por fuera a los municipios que conforman el Valle de Aburrá (Agencia Nacional de Hidrocarburos - ANH, 2015). Respecto a la producción de gas, el balance de producción de gas 2015 presentado en la misma página, reporta que en Antioquia se produjo gas natural pero este no fue entregado al gasoducto nacional, si no que fue quemado y consumido en el campo (Agencia Nacional de Hidrocarburos - ANH, 2015).

Para la distribución de productos como gasolina, ACPM, gas natural y otros combustibles, Medellín y su área de influencia se encuentran conectadas con el poliducto SEBASTOPOL que tiene un aproximado de 382,5 km de largo (Unidad de Planeación Minero Energética - UPME, 2005), por lo cual si se pueden generar emisiones fugitivas por la transimions de estos combustibles.

SISTEMAS DE TRANSPORTE EN EL VALLE DE ABURRÁ

Transporte Terrestre

El parque automotor del Valle de Aburrá para principios del 2016 contaba con 1'347.067 de vehículos motorizados registrados en los diferentes organismos pertinentes (Registro Único Nacional de Transito, 2016), los cuales se dividen en:

- Vehículos de transporte público

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

- Camiones y maquinaria pesada
- Transporte público individual: taxis
- Motos y cuatrimotos
- Vehículos particulares (Secretaría de movilidad; Subsecretaria tecnica; Unidad de transporte; UNE, 2016)

Además según las tablas paramétricas del RUNT, los combustibles usados por los diferentes sistemas de transporte son: Gasolina, GNV, diésel, gas gasol, electricidad, hidrogeno, etanol, biodiesel, GPL, gaso elec, diez elec (Resgistro Unico Nacional de Transito -RUNT, 2016). Los automóviles eléctrico apenas están entrado al mercado del Valle de Aburrá, y apenas a finales del 2015 empezaron a operar estaciones oficales para cargar vehículos eléctricos, por esto no se tendrá en cuenta esta actividad para este año. (EPM)

Sistema de Trenes

Según la memoria de sostenibilidad del 2015, se establece que la empresa de transporte masivo del Valle de Aburrá Ltda. – METRO, es una empresa industrial y comercial del Estado, Cuya sede operativa y administrativa se ubica en el municipio de bello (Metro de Medellín LTDA., 2015). Considerado como uno de los sistemas de transporte masivo de servicio público más destacado a nivel nacional; El sistema metro cuenta con varios servicios: metro, metro cable y metro plus. Para este estudio entonces cuando se hable del sistema metro y las emisiones asociadas a este sub-sector se consideran las emisiones provenientes del metro y del metro cable. El metroplus que es un sistema integrado de buses se contabilizara en transporte terrestre. (Empresa de Transporte Masivo del Valle de Aburrá Limitada., 2016).

Transporte Marítimo

El transporte marítimo no representa una forma importante para el transporte o distribución de productos debido a su ubicación. En Antioquia el transporte marítimo se da en choco, sin embargo para el Valle de Aburrá existe la posibilidad de ampliar esta forma de transporte se debe mejorar la navegabilidad del Rio Magdalena y hacer más inversión en Puerto Berrio (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2009).

Sub-sector: Transporte Aéreo

El Valle de Aburrá cuenta con dos aeropuerto que le prestan servicio a sus habitantes, el aeropuerto Olaya herrera se encuentra ubicado de dentro del Valle de

Aburrá como tal, mientras que el aeropuerto internacional José maría Córdova esta ubicado en el municipio de Rionegro.

El aeropuerto Olaya herrera solo cuenta con destinos nacionales, 19 exactamente, transportando 3200 pasajeros diarios en una operación de 12 horas diurnas. Las aerolíneas que usan este aeropuerto son: Satena, ADA y EasyFly (Olaya Herrera Aeropuerto, 2016).



Ilustración 30. Rutas Nacionales del Aeropuerto de Medellín Olaya Herrera. (AirPlan: operadora de aeropuertos centro norte, 2016)

El aeropuerto internacional José María Córdova es el otro aeropuerto que sirve a los habitantes del Valle de Aburrá pues este además de incluir rutas nacionales incluye destinos internacionales. Se considera como el aeropuerto más importante en el departamento de Antioquia y a nivel nacional es el segundo (Aeropuertos.net, 2016).



Ilustración 31. Rutas Nacionales del Aeropuerto de Rionegro José María Córdova (AirPlan: operadora de aeropuertos centro norte, 2016).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.



Ilustración 32. Rutas Internacionales del Aeropuerto de Rionegro José María Córdoba (AirPlan: operadora de aeropuertos centro norte, 2016).

De lo anterior entonces se infiere que no se da ningún tipo de transporte aéreo enteramente dentro del Valle de Aburrá dejando por fuera las emisiones de alcance 1.

Transporte Fuera de Carretera

Dentro de este sub-sector se tiene en cuenta toda la maquinaria pesada y vehículos como cuatrimotos e híbridos. Como se mencionó en el el transporte terrestre el parque automotor del Valle de Aburrá si cuenta con este tipo de vehículos registrados por lo cual emiten emisiones (Secretaría de movilidad; Subsecretaria tecnica; Unidad de transporte; UNE, 2016).

MANEJO DE RESIDUOS EN EL VALLE DE ABURRÁ

Disposición Residuos Sólidos

Emvarias es la empresa encargada de la recolección y disposición final de residuos sólidos con mayor cobertura en el Valle de Aburrá. sin embargo esta también presta sus servicios a otros municipios del departamento. El sitio destinado para la disposición final que también es manejado por la misma empresa es el Relleno Sanitario La Pradera, se inició su funcionamiento en el 2003, anterior a ese se usaba el relleno conocido como la curva de rodas y el primero que fue usado se conoce como Moravia (Empresas Varias de Medellín, 2016). La otra empresa encargada del manejo, recolección y disposición de residuos sólidos es EVAS o ENVIASEO, esta empresa se creó en el 2004 para atender las necesidades de los habitantes de envigado pues en aquel entonces no hacían parte del área Metropolitana del Valle de Aburrá, extendiéndose a los municipios ubicados en el sur del Valle de Aburrá. El relleno sanitario de esta empresa se conoce como El Gualal (Enviaseo E.S.P., 2016).

- Moravia: desde 1977 los residuos sólidos generados en la ciudad comenzaron a tirarse a un lote ubicado en Moravia, la intención inicial era construir un relleno pero

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

nunca se logro este objetivo. El lugar se convirtió en botadero a cielo abierto y en un foco de diversas problemáticas no solo ambientales si no también sociales. En este lugar se arrojaban 500 toneladas diarias de basura formando un montaña de basura de 40 metros de altura. Este relleno fue clausurado en 1984 (Empresas Varias de Medellín, 2016).

- Relleno Sanitario Cuerva de Rodas: Ubicado entre los municipios de bello y Copacabana este se extendía por 62 hectáreas. Este empezó a recibir residuos provenientes del Valle de Aburrá en noviembre de 1984 y aunque los estudios realizados estimaron una vida útil de 12 años, este empezó a cerrar durante 1999 y su cierre definitivo se dio en el 2003 (Empresas Varias de Medellín, 2016).
- Relleno Sanitario La Pradera: Este relleno entro en operación en junio del 2003 y se dispone un aproximado de 1800 toneladas de basuras diarias. Este esta ubicado en la jurisdicción del municipio de don Matías, con un área de 354 hectáreas. este recibe los residuos generados en el Valle de Aburrá y otros municipios: Medellín, Barbosa, Bello, Caldas, Cisneros, Carolinia, Copacabana, Fredonia, Girardota, Gomez Plata, Guarne, Guadalupe, Heliconia, Itagüí, La Estrella, El Retiro, Rionegro, Sabaneta, Salgar, Titiribí, Venecia, Yolombó (Empresas Varias de Medellín, 2016).
- Relleno Sanitario Centro Industrial de Sur El Guacal: Este es operado por la empres EVAS y se ubica en el municipio de Heliconia, tiene una extensión de 403 hectáreas . Esta diseñado para recibir los residuos de municipios del centro y sur del Valle de Aburrá y de otros 16 municipios de Antioquia (EVAS S.A E.S.P., 2016). Los municipios que allí disponen son: Amaga, Armenia, Betulia, Caldas, Ebejicó, Envigado, Fredonia, Heliconia, Hispania, Jardín, Jericó, La Pintada, Montebello, Sabaneta, Salgar, Santa Bárbara, Santa Fe de Antioquia, Titiribí, Venecia (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliario, 2015).

Analizado lo anterior se puede notar que los residuos sólidos generados dentro del límite del Valle de Aburrá actualmente están siendo dispuestos por fuera de este límite, sea en La Pradera o en El Guacal.

Tratamiento Biológico de Residuos

En el Valle de Aburrá se han desarrollado una variedad de proyectos a pequeña escala entre 2009 y 2011 para aprovechar los residuos por medio del compostaje. En el Valle de Aburrá existen aproximadamente 305 sistemas de tratamiento biológico de residuos orgánicos (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; ACODAL, 2013). Además se encuentra que el Relleno Sanitario El Guacal dispone de un proceso de tratamiento de residuos orgánicos (ENVIASEO E.S.P., 2016). Esto implicaría entonces que para tratamientos biológicos se dan emisiones en el alcance 1 y 2. No se podría asegurar con certeza que parte de los residuos tratados por ejemplo en la planta de tratamiento el Guacal trate residuos porvenientes de otros municipio por fuera del límite, por lo cual no se tendrán cuenta estas emisiones y

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

se asumirá que el 100% de los residuos tratados en esta planta provienen del Valle de Aburrá.

Incineración de Residuos

Según la información presentada por el PGIRS regional en el Valle de Aburrá el 5,31% de los residuos son peligrosos. El tratamiento más común para este tipo de residuos es la incineración y en el Valle de Aburrá hay dos: ASEI y Coambiental (AMVA; U. de A.; AINSA; Corantioquia, 2006). Entre los servicios que presta la empresa ASEI están: la incineración, la desactivación de alta eficiencia y la incineración a alta temperatura, plantas localizadas en el municipio de Itagüí (ASEI).

Tratamiento de Aguas Residuales

Hasta la fecha dentro del Valle de Aburrá solo se dispone de una planta de tratamiento de aguas residuales operada por EPM. La planta de tratamiento de aguas residuales San Fernando se encuentra en el municipio de Itagüí y empezó a operar en el 200. Tiene una capacidad instalada de $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$, pero se tratan $1,3 \text{ m}^3/\text{s}$. En esta se trata el 20% del total de aguas residuales generadas únicamente en el sur del Valle de Aburrá, específicamente de los municipios de: Sabaneta, Envigado, Itagüí y La Estrella. Esta es una planta de tipo secundario, por medio de lodos activados y además cuenta con el tratamiento de lodos dentro de la misma planta por medio de la digestión anaerobia. El 30% de la energía necesaria para operar la planta se obtiene por la digestión anaerobia y se generan un aproximado de 28220 toneladas de biosólidos para el 2011 (Empresas Públicas de Medellín, 2016)

ANEXO 2: DATOS EXTRA DE LAS ACTIVIDADES GENERADORAS DE EMISIONES EN EL VALLE DE ABURRÁ DURANTE EL 2015

- ENERGÍA ESTACIONARIA

EDIFICIOS RESIDENCIALES

CONSUMO GAS NATURAL RESIDENCIAL PARA EL 2015										
	BARBOSA	BELLO	CALDAS	COPACABANA	ENVIGADO	GIRARDOTA	ITAGÜÍ	LA ESTRELLA	MEDELLÍN	SABANETRA
Unidades	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³	m ³
Estrato 1	83.635	2'386.203	50.651	85.774	128.302	25.754	374.165	56.183	4'195.978	17.166
Estrato 2	438.896	5'236.426	1'430.719	1'335.741	1'535.654	970.648	3'542.249	808.119	26'604.839	610.726
Estrato 3	94.125	5'038.610	642.056	699.042	3'079.303	166.501	4'183.868	589.414	23'155.774	1'219.345
Estrato 4	5	707.222	320	1.206	1'936.607	4.761	461.486	211.847	8'726.418	846.116
Estrato 5	0	62	126	589	2'900.200	1.553	0	37.728	8'447.981	15.057
Estrato 6	1.723	0	0	9	463.510	0	0	0	8'664.336	0
TOTAL	618.384	13'368.523	2'123.872	2'122.361	10'043.576	1'169.217	8'561.768	1'703.291	79'795.326	2'708.410

CONSUMO DE COMBUSTIBLES FÓSILES A NIVEL RESIDENCIAL EN EL VALLE DE ABURRÁ:

Tabla 45. Consumo de Gas Natural a nivel residencial durante en el 2015, en todos los municipios del Valle de Aburrá. Información tomada del SUI. (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016)

CONSUMO TOTAL DE GAS NATURAL RESIDENCIAL PARA EL 2015	
	TOTAL
Unidades	m ³
Estrato 1	7'403.811
Estrato 2	42'514.017
Estrato 3	38'868.038
Estrato 4	12'895.988
Estrato 5	11'403.296
Estrato 6	9'129.578
TOTAL	122'214.728

Tabla 46. Consumo total de Gas Natural a nivel residencial durante el 2015 en el Valle de Aburrá, categorizado por estratos socioeconómicos. Información tomada del SUI. (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

CONSUMO GLP RESIDENCIAL PARA EL 2015	
PRESENTACIÓN	RESIDENCIAL
Unidades	M ³
PRESENTACION	27,2
Cilindro de 10 libras	1,9
Cilindro de 11 libras	403,9
Cilindro de 20 libras	5,7
Cilindro de 24 libras	8396,5
Cilindro de 30 libras	36437,1
Cilindro de 40 libras	2,8
Cilindro de 80 libras	5883,0
Cilindro de 100 libras	136,8
Tanque Estacionario	27,2
TOTAL	51295,0

Tabla 47. Consumo de GLP a nivel residencial para el 2015 (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016)

CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA A NIVEL RESIDENCIAL EN EL VALLE DE ABURRÁ:

CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA RESIDENCIAL PARA EL 2015										
	BARBOSA	BELLO	CALDAS	COPACABANA	ENVIGADO	GIRARDONTA	ITAGÜI	LA ESTRELLA	MEDELLÍN	SABANETA
Unidades	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Estrato 1	2'886.372	45'829.289	3'359.172	1'687.837	1'915.589	1'231.664	8'007.181	2'015.083	128'656.336	581.892
Estrato 2	15'219.298	79'371.068	24'653.268	24'368.902	25'848.345	19'902.036	51'846.995	15'237.185	416'047.854	10'705.501
Estrato 3	3'688.352	87'897.082	11'214.736	14'725.630	52'446.094	3'765.620	72'293.919	10'428.089	405'293.620	19'750.374
Estrato 4	1'095.982	13'098.951	458.426	1'342.207	29'806.410	1'012.708	6'386.155	2'999.290	178'104.445	13'139.713
Estrato 5	636.889	252.781	165.161	823.960	41'348.576	1'081.149	5.247	792.101	151'370.730	353.076
Estrato 6	607.125	84.383	29.056	695.452	6'875.578	661.917	0	219.221	121'794.173	29.510
TOTAL	24'134.018	226'533.554	39'879.819	43'643.988	158'240.592	27'655.094	138'539.497	31'690.969	1.401'267.158	44'560.066

Tabla 48. Consumo de Energía Eléctrica a nivel residencial durante en el 2015, en todos los municipios del Valle de Aburrá. Información tomada del SUI. (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016)

PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN EL RED ELÉCTRICA

PÉRDIDAS POR EL SUMITRO ENERGÍA ELÉCTRICA RESIDENCIAL PARA EL 2015										
	BARBOSA	BELLO	CALDAS	COPACABANA	ENVIGADO	GIRARDONTA	ITAGÜI	LA ESTRELLA	MEDELLÍN	SABANETA
Unidades	kWh/año	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Energía Suministrada	24'134.018	226'533.554	39'879.819	43'643.988	158'240.592	27'655.094	138'539.497	31'690.969	1.401'267.158	44'560.066
Pérdidas 2015	3'567.452	33'485.827	5'894.971	6'451.384	23'390.871	4'087.932	20'478.687	4'684.508	207'133.069	6'586.798

Tabla 49. Pérdidas del consumo total de Energía eléctrica a nivel residencial durante el 2015 en cada municipio del Valle de Aburrá, (Empresas Públicas de Medellín, 2016)

EDIFICIOS COMERCIALES, INSTITUCIONALES E IDENTIDADES PÚBLICAS.

CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA COMERCIAL, INSTITUCIONAL Y OFICIAL PARA EL 2015										
USO	BARBOSA	BELLO	CALDAS	COPACABANA	ENVIGADO	GIRARDOTA	ITAGÜÍ	LA ESTRELLA	MEDELLÍN	SABANETÁ
Unidades	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Comercial	7'825.290	118'774.570	12'679.775	11'256.398	107'504.424	8'422.267	89'878.016	11'269.500	1.001'644.471	31'225.632
Oficial	3'422.055	9'744.093	2'052.232	1'733.388	9'229.460	737.431	16'797.023	6'039.626	174'802.386	1'936.768
Provisional	581.026	24.084	0	3'863.116	100.078	5.314	0	31.445	7'857.279	10.368
Alumbrado Público	1'842.045	13'339.648	1'797.545	3'191.420	9'876.029	2'312.346	9'173.741	2'257.475	105'150.716	3'789.828
Especial	212.535	6'766.538	264.910	1'735.989	5'493.125	430.869	4'638.989	1'299.983	123'452.204	1'528.062
Áreas Comunes Bombeo	0	913.118	11.805	0	411.202	83.778	1'211.422	66.316	28'446.864	527.775
Especial Educativo	0	0	0	0	0	0	0	0	27'750.669	0
TOTAL	13'882.951	149'562.051	16'937.787	21'780.311	132'614.318	11'992.005	121'699.191	20'964.345	1.469'104.589	39'018.433

Tabla 50. Consumo de energía eléctrica a nivel comercial, institucional y oficial durante en el 2015, en todos los municipios del Valle de Aburrá. Información tomada del SUI. (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016)

PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN EL RED ELÉCTRICA

PÉRDIDAS POR EL SUMISTRO ENERGÍA ELÉCTRICA COMERCIAL, INSTITUCIONAL Y OFICIAL PARA EL 2015										
	BARBOSA	BELLO	CALDAS	COPACABANA	ENVIGADO	GIRARDOTA	ITAGÜÍ	LA ESTRELLA	MEDELLÍN	SABANETÁ
Unidades	kWh/año	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Energía Suministrada	56'30.379	141'309.479	8'685.215	13'527.739	124'361.746	3'739.433	113'446.619	12'711.773	1.460'852.017	30'765.861
Pérdidas 2015	832.274	20'888.141	1'283.835	1'999.649	18'382.954	552.757	16'769.498	1'879.034	215'940.808	4'547.760

Tabla 51. Pérdidas del consumo total de Energía eléctrica a nivel comercial, institucional y oficial durante el 2015 en cada municipio del Valle de Aburrá, (Empresas Públicas de Medellín, 2016)

INDUSTRIA MANUFACTURERA Y DE COSTRUCCIÓN

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

CONSUMO DE COMBUSTIBLES FÓSILES

INDUSTRIAS GENERADORAS DE EMISIONES PARA EL VALLE DE ABURRÁ EN EL 2014				
Combustible	AÑO	Unidades	Consumo	Fuente de Información
Carbón mineral	2014	Mg/año	290.446	AMVA;UPB
Carbón coque	2014	Mg/año	115	AMVA;UPB
ACPM	2014	1000 l/año	3.812	AMVA;UPB
Fuel oil No. 6	2014	1000 l/año	1.067	AMVA;UPB
Aceite recuperado	2014	1000 l/año	63	AMVA;UPB
GLP	2014	1000 l/año	2.236	AMVA;UPB
Madera	2014	Mg/año	35.371	AMVA;UPB
Cascara de coco	2014	Mg/año	469	AMVA;UPB
Fique	2014	Mg/año	844	AMVA;UPB
Borra de café	2014	Mg/año	14.254	AMVA;UPB
Gas Natural	2015	M ³ /año	3628376 88	AMVA;UPB
Gas Natural	2015	M ³ /año	3628376 88	AMVA;UPB

Tabla 52. Consumos de combustibles fósiles para el sector manufacturero. (Área Metropolitana del Valle de Aburrá; Universidad Pontificia Bolivariana, 2015)

CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

CONSUMO ENERGÍA ELÉCTRICA INDUSTRIAL PARA EL 2015										
USO	BARBOSA	BELLO	CALDAS	COPACABANA	ENIGADO	GIRARDOTA	ITAGÜI	LA ESTRELLA	MEDELLÍN	SABANETA
Unidades	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Industrial	186'467.4 39	74'840.6 46	35'363.9 58	45'390.0 64	122'274.5 99	109'545.5 71	256'087.2 73	92'637.22 5	586'734.2 97	113'878.9 86

Tabla 53. Consumo de energía eléctrica a nivel industrial durante en el 2015, en todos los municipios del Valle de Aburrá. Información tomada del SUI. (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016)

PÉRDIDAS POR TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN EN LA RED ELÉCTRICA

PÉRDIDAS POR EL SUMISTRO ENERGÍA ELÉCTRICA COMERCIAL, INSTITUCIONAL Y OFICIAL PARA EL 2015										
	BARBOSA	BELLO	CALDAS	COPACABANA	ENIGADO	GIRARDOTA	ITAGÜI	LA ESTRELLA	MEDELLÍN	SABANETA
Unidades	kWh/año	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
Energía Suministrada	186'467.4 39	74'840.6 46	35'363.9 58	45'390.0 64	122'274.5 99	109'545.5 71	256'087.2 73	92'637.22 5	586'734.2 97	113'878.9 86
Pérdidas 2015	27'563.31 8	11'062.8 25	5'227.44 4	6'709.48 7	18'074.43 6	16'192.85 1	37'854.41 1	13'693.48 6	86'730.12 5	16'833.40 9

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Tabla 54. Pérdidas del consumo total de Energía eléctrica a nivel industrial durante el 2015 en cada municipio del Valle de Aburrá, (Empresas Públicas de Medellín, 2016)

- **TRANSPORTE**

TRANSPORTE TERRESTRE

VENTAS DE COMBUSTIBLES EN EL VALLE DE ABURRÁ DURANTE EL 2015										
	BARBOSA	BELLO	CALDAS	COPACABANA	ENVIGADO	GIRARDONTA	ITAGÜI	LA ESTRELLA	MEDELLÍN	SABANETRA
Unidades	Gal	Gal	Gal	Gal	Gal	Gal	Gal	Gal	Gal	Gal
ACPM	976.049	12'642.705	6'065.214	3'205.496	5'041.529	7'429.639	14'757.384	2'389.640	55'427.300	9'271.967
CASOLINA CORRIENTE	679.729	14'737.388	2'049.590	2'570.429	13'186.799	1'922.219	12'438.567	1'856.315	99'948.728	7'454.833
GASOLINA EXTRA	42.177	996.839	102.069	115.073	2'110.820	204.250	107.4053	139.504	9'684.088	697.486

Tabla 55. Venta de combustibles para los municipios del Valle de Aburrá durante el 2015. (Ministerio de Minas y Energías, 2016)

SISTEMA METRO

PÉRDIDAS POR EL SUMISTRO ENERGÍA ELÉCTRICA RESIDENCIAL PARA EL 2015		
Año	2015	TOTAL
Total energía suministrada sistema metro (kWh)	82'525.720	82'525.720
Pérdidas 2015 (kW)	12'198820	12'198.820

Tabla 56. Pérdidas del consumo total de Energía eléctrica a nivel residencial durante el 2015 en cada municipio del Valle de Aburrá, (Empresas Públicas de Medellín, 2016)

- **RESIDUOS**

DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

RESIDUOS TOTALES DISPUESTOS EN LOS DOS RELLENOS SANITARIO USADOS POR EL VALLE DE ABURRÁ			
	PARQUE AMBIENTAL LA PRADERA	CENTRO INDUSTRIAL DEL SUR CIS	TOTAL RESIDUOS DE
Unidades	Ton	Ton	Ton
2006	311.381,46	204.562,49	515.943,95
2007	561.976,18	119.245,76	681.221,94
2008	512.785,09	160.040,47	672.825,56
2009	523.594,29	226.138,04	749.732,33
2010	559.126,19	159.264,00	718.390,19

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

2011	562.182,28	183.709,43	745.891,71
2012	647.541,34	181.138,56	828.679,90
2013	627.574,71	248.468,94	876.043,65
2014	701.990,43	191.397,68	893.388,11
2015	787.992,37	128.438,90	916.431,27
TOTAL	5'796.144,34	1'802.404,27	7'598.548,61

Tabla 57. Registro de los residuos sólidos dispuestos en los rellenos sanitarios que atiende a los municipios del Valle de Aburrá. Información tomada del SUI. (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016)

CARACTERIZACION DE RESIDOS SÓLIDOS DISPUESTOS EN EL 2014 EN EL VALLE DE ABURRÁ			
CATEGORÍA	PORCENTAJE %	FUENTE INFO	COMENTARIOS
Orgánicos	44,47	SUI	
Papel y Cartón	2,05	SUI	En el SUI el papel esta separado del Cartón, por lo cual se sumaron los valores
Madera	6,61	SUI	Dentro de los registros del SUI hay una categoría que es de otros residuos orgánicos, que se asumen que son madera y jardinería
Textil	2,6	IPCC	Valor predeterminado por la guía del IPCC
Cuero	0,7	IPCC	Valor predeterminado por la guía del IPCC
Plástico	12,95	SUI	
Metal	1,52	SUI	
Vidrio	1,74	SUI	
Otros inorgánicos	25,48	SUI	Este valor corresponde al valor presentado por el SUI bajo la categoría de otros inorgánicos menos los valores predeterminados por el IPCC para las categorías de Textil y Cuero

Tabla 58. Caracterización de los residuos sólidos dispuestos en los rellenos sanitarios que operan para los municipios del Valle de Aburrá, realizada en el 2014. (FUENTE SUI)

MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS.

MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS EN EL VALLE DE ABURRÁ				
AÑO	RESIDUOS PELIGROSOS GENERADOS (ton)	RESIDUOS PELIGROSOS TRATADOS (ton)	RESIDUOS PELIGROSOS APROVECHADOS (ton)	RESIDUOS PELIGROSOS DISPUESTO (ton)
2012	9084,8	863,328544	7681,925184	740,7109984
2013	9314,1	885,118923	7875,816678	759,4065153
2014	10668,1	1013,789543	9020,731998	869,8021973
2015	58922,1	5599,367163	49823,34932	4804,095579

Tabla 59. Generación y gestión de residuos peligrosos en el Valle de Aburrá (IDEAM, 2016).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

GENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES EN EL VALLE DE ABURRÁ 2015										
	BARBOSA	BELLO	CALDAS	COPACABANA	ENVIGADO	GIRARDOTA	ITAGÜÍ	LA ESTRELLA	MEDELLÍN	SABANETA
Unidades	M ³									
Estrato 1	66175	2309621	28118	70932	127732	15979	373155	17631	7247246	9272
Estrato 2	524807	5869287	1216029	1361277	1675170	951519	4178575	431118	31053718	592276
Estrato 3	144015	6654169	875782	975021	4139520	180960	5878604	701435	31692206	1550750
Estrato 4	4	915795	1112	3599	2159742	4966	473785	201798	12651013	749118
Estrato 5	0	90	0	318	2546591	1007	465	34486	10091015	8886
Estrato 6	0	0	0	1924	307775	1058	0	388	6866150	0
Industrial	3346	3376510	243123	157679	871191	335866	5126234	389588	7122083	851900
Comercial	80259	796016	194802	108978	770032	74916	1111600	183971	11469229	400731
Oficial	17773	1193015	52263	111125	1029078	27376	439733	56224	4181925	49485
Especial	11265	194246	20450	38552	118335	16177	110687	50908	2458034	31155

Tabla 60. Generación de aguas residuales domésticas e industriales en el Valle de Aburrá durante el 2015, Información tomada del SUI. (Superintendencia de Servicios públicos domiciliarios, 2016)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

GPC ref.	Alcanc	Fuente de emisión por sector y sub-sector	Clave de
1.		ENERGIA ESTACIONARIA	
1.1.		<i>Edificios Residenciales</i>	
1.1.1.	1	Emisiones por el consumo de combustibles fósiles dentro del limite del	E
1.1.2.	2	Emisiones por el consumo de energía eléctrica dentro del limite del	E
1.1.3.	3	Emisiones por la transmisión y distribución de la energía eléctrica	E
1.2.		<i>Edificios Comerciales, Institucionales y Facilidades Públicas</i>	
1.2.1.	1	Emisiones por el consumo de combustibles fósiles dentro del limite del	E
1.2.2.	2	Emisiones por el consumo de energía eléctrica dentro del limite del	E
1.2.3.	3	Emisiones por la transmisión y distribución de la energía eléctrica	E
1.3.		<i>Industria Manufacturera y de construcción</i>	
1.3.1.	1	Emisiones por el consumo de combustibles fósiles dentro del limite del	E
1.3.2.	2	Emisiones por el consumo de energía eléctrica dentro del limite del	E
1.3.3.	3	Emisiones por la transmisión y distribución de la energía eléctrica	E
1.4.		<i>Industrias energéticas</i>	
1.4.1.	1	Emisiones del combustible usado en la operación de plantas generadoras	E
1.4.2.	2	Emisiones de las energía eléctrica consumida en las plantas generadoras	IE
1.4.3.	3	Emisiones por la transmisión y distribución de la energía eléctrica	IE
1.4.4.	1	Emisiones de la generación de energía suministrada a la red	NO
1.5.		<i>Agricultura, Silvicultura y Actividades Pecuarias</i>	
1.5.1.	1	Emisiones por el consumo de combustibles fósiles dentro del limite del	IE
1.5.2.	2	Emisiones por el consumo de energía eléctrica dentro del limite del	IE
1.5.3.	3	Emisiones por la transmisión y distribución de la energía eléctrica	IE
1.6.		<i>Fuentes no especificadas</i>	
1.6.1.	1	Emisiones por el consumo de combustibles fósiles dentro del limite del	IE
1.6.2.	2	Emisiones por el consumo de energía eléctrica dentro del limite del	IE
1.6.3.	3	Emisiones por la transmisión y distribución de la energía eléctrica	IE
1.7.		<i>Emisiones fugitivas de la minería, procesamiento, almacenaje y transporte</i>	
1.7.1.	1	Emisiones de emisiones fugitivas dentro del limite del inventario	NE
1.8.		<i>Emisiones fugitivas del sistema de crudo y gas natural.</i>	
1.8.1.	1	Emisiones de emisiones fugitivas dentro del limite del inventario.	NE

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Gases (ton)	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆	NF ₃	Total CO ₂ eq	Calidad de la información		Comentario
									DA	FE	
2514957	8,535591424	5,19902415	-	-	-	-	-	2516573,729	Media	Alta	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
16422,6183	-	-	-	-	-	-	-	16422,6183	Alta	Alta	
2427,565159	-	-	-	-	-	-	-	2427,565159	Media	Alta	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
192,3308562	0,000466625	0,00010144	-	-	-	-	-	192,3708034	Media	Alta	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
544665,3054	1,321445361	0,28727073	-	-	-	-	-	544778,4326	Media	Alta	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

GPC Categoría	Alcance	Fuente de emisión por sector y sub-sector	Clave de
2.		TRANSPORTE	
2.1.		<i>Transporte Terrestre</i>	
2.1.1	1	Emissiones por la combustión de combustibles fósiles por vehículos terrestres dentro del inventario	E
2.1.2	2	Emissiones por el consumo de energía eléctrica dentro del límite del inventario por vehículos terrestres	NE
2.1.3	3	Emissiones por la porción de viajes por fuera del límite del inventario y por la transmisión y distribución de energía eléctrica para el transporte terrestre	NE
2.2.		<i>Sistema Metro</i>	
2.2.1	1	Emissiones por la combustión de combustibles fósiles por el sistema metro dentro del inventario	NO
2.2.2	2	Emissiones por el consumo de energía eléctrica dentro del límite del inventario por el sistema metro	E
2.2.3	3	Emissiones por la porción de viajes por fuera del límite del inventario y por la transmisión y distribución de energía eléctrica por el sistema metro	E
2.3.		<i>Transporte Marítimo</i>	
2.3.1	1	Emissiones por la combustión de combustibles fósiles por el transporte marítimo dentro del inventario	NO
2.3.2	2	Emissiones por el consumo de energía eléctrica dentro del límite del inventario por el transporte marítimo	NO
2.3.3	3	Emissiones por la porción de viajes por fuera del límite del inventario y por la transmisión y distribución de energía eléctrica por el transporte marítimo	NO
2.4.		<i>Transporte Aéreo</i>	
2.4.1	1	Emissiones por la combustión de combustibles fósiles por aeronaves que se movilizan dentro del inventario	E
2.4.2	2	Emissiones por el consumo de energía eléctrica dentro del límite del inventario por aeronaves	NO
2.4.3	3	Emissiones por la porción de viajes por fuera del límite del inventario y por la transmisión y distribución de energía eléctrica por el transporte aéreo	E
2.5.		<i>Transporte en Carretera</i>	
2.5.1	1	Emissiones por la combustión de combustibles fósiles por vehículos para carretera destapada dentro del inventario	IE
2.5.2	2	Emissiones por el consumo de energía eléctrica dentro del límite del inventario por vehículos terrestres para carretera destapada	IE

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

Gases (ton)										Calidad de la información			Comentario	
CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC	PFC	SF ₆	NF ₃	Total CO ₂	DA	FE					
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	20000	-	-	-	-	-	560000	Media	Baja	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	28,0512	1,683072	-	-	-	-	1231,44768	Media	Baja	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9452,64512	2801,866482	30,99050225	-	-	-	--	37189,53523	Alta	Baja	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.

GPC ref.	Alcanc	Fuente de emisión por sector y sub-sector	Notación
3.		RESIDUOS	
3.1.		<i>Disposición de Residuos Sólidos</i>	
3.1.1.	1	Emissiones por residuos generados dentro de limite, que son dispuestos dentro del limite	NO
3.1.2.	3	Emissiones por residuos generados dentro de limite, que son dispuestos por fuera del limite	E
3.1.3.	1	Emissiones por residuos generados por fuera del limite, que son dispuestos dentro del limite	NO
3.2.		<i>Tratamiento biológico de los residuos</i>	
3.2.1.	1	Emissiones por residuos generados dentro de limite, que son tratadas dentro del limite	NO
3.2.2.	3	Emissiones por residuos generados dentro de limite, que son tratadas por fuera del limite	E
3.2.3.	1	Emissiones por residuos generados por fuera del limite, que son tratadas dentro del limite	NO
3.3.		<i>Incineración de Residuos</i>	
3.3.1.	1	Emissiones por residuos generados dentro de limite, que son incinerados dentro del limite	NE
3.3.2.	3	Emissiones por residuos generados dentro de limite, que son incinerados por fuera del	NE
3.3.3.	1	Emissiones por residuos generados por fuera del limite, que son incinerados dentro del	NE
3.4.		<i>Tratamiento de Aguas Residuales</i>	
3.4.1.	1	Emissiones por aguas residuales generadas dentro de limite, que son tratadas dentro del limite	E
3.4.2.	3	Emissiones por aguas residuales generadas dentro de limite, que son tratadas por fuera	NO
3.4.3.	1	Emissiones por aguas residuales generadas por fuera del limite, que son tratadas dentro del	NO
4.		PROCESOS INDUSTRIALES Y USO DE PRODUCTOS	
4.1.	1	Emissiones de procesos industriales que ocurren dentro del limite	NE
4.2.	1	Emissiones generadas por el uso de ciertos productos dentro del limite	NE
5.		AGRICULTURA, PISILVICULTURA Y OTROS USOS DE LA TIERRA	
5.1.	1	Emissiones de ganadería manejada dentro del limite	NE
5.2.	1	Emissiones de la tierra dentro del limite	NE
5.3.	1	Emissiones de fuentes agregadas y fuentes de emisión diferentes de CO2 dentro del limite	NE
6.		OTRAS EMISIONES DE ALCANCE 3	
6.1.	3	Otras emisiones de alcance 3	NE

ANEXO 4: HOJA DE CÁLCULOS DE EXCEL

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la Universidad EIA.