



**CALCULO DE LA HUELLA DE CARBONO.  
VIGENCIA 2014**

**PLAN ANUAL DE ESTUDIOS – PAE 2015**

**DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE ECONOMÍA Y POLÍTICA PÚBLICA**

**DICIEMBRE 2015**

1

[www.contraloriabogota.gov.co](http://www.contraloriabogota.gov.co)

Cra. 32A No. 26A-10  
Código Postal 111321  
PBX 3358888

**CALCULO DE LA HUELLA DE CARBONO**  
**VIGENCIA 2014**

Contralor de Bogotá, D.C.

Diego Ardila Medina

Contralora Auxiliar

Ligia Inés Botero Mejía

Director de Estudios de  
Economía y Política Pública

Ramiro Augusto Triviño Sánchez

Subdirectora de Estudios  
Económicos y Fiscales

Carmen Aldana Gaviria

Gustavo Alirio Ortiz Orjuela  
Profesional Especializado 222-07 (E)

Oneida Castro Hernández  
Profesional Especializado 222-07 (E)

Analistas

Jaime Iván Martínez Martínez  
Profesional Universitario 219-03

Lady Marisol Castro Chaparro  
Ángela Patricia Castillo Rodríguez  
Pasantas Universidad Distrital  
Francisco José de Caldas – Facultad  
del Medio Ambiente y Recursos  
Naturales

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	6
1. ANTECEDENTES .....	8
2. DEFINICIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO .....	14
3. MARCO METODOLOGICO PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO .....	16
4. ESTIMACIÓN HUELLA DE CARBONO MODULO DE ENERGÍA .....	18
4.1. QUEMA DE COMBUSTIBLES .....	18
4.1.1 SECTOR INDUSTRIAL .....	18
4.1.2. TRANSPORTE .....	19
4.1.2.1. Transporte terrestre .....	19
4.1.2.2. Transporte aéreo .....	21
4.1.3. OTROS SECTORES .....	26
4.1.3.1. Sector Residencial .....	27
4.1.3.2. Sector Comercial / Sector Institucional .....	29
4.2. ENERGÍA ELÉCTRICA .....	29
4.3. HUELLA DE CARBONO TOTAL MODULO DE ENERGÍA .....	31
5. ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO MODULO DE RESIDUOS ...	32
5.1. Eliminación De Residuos Sólidos. ....	32
5.2. TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES .....	36
5.2.1. Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales .....	37
5.2.2. 4D3 Óxido nitroso por aguas servidas humanas en cuerpos de agua .	41
6. Huella Total Módulos Energía y Residuos .....	45
CONCLUSIONES.....	46



## Índice de tablas

Tabla 1. Huella de Carbono Sector Industrial - 2014.....	18
Tabla 2. Cantidad de Combustible Vendido en Bogotá D.C – 2014.....	19
Tabla 3. Emisiones de CO <sub>2</sub> eq por combustible en Bogotá D.C. – 2014.....	20
Tabla 4. Emisiones de CO <sub>2</sub> eq Transmilenio – 2014.....	21
Tabla 5. Estructura de Información para el Sector de Transporte Aéreo. ....	23
Tabla 6. Huella de Carbono Sector de Transporte Aéreo - 2014. ....	25
Tabla 7. Estructura de Información para el Sector de Transporte Aéreo. ....	26
Tabla 8. Huella de Carbono Otros Sectores según factores de emisión del IPCC y la UPME - 2014.....	27
Tabla 9. Huella de Carbono Sector Comercial e Institucional - 2014. ....	29
Tabla 10. Huella de Carbono por energía eléctrica - 2014.....	29
Tabla 11. Aporte de emisiones por Subsector al Módulo de Energía.....	31
Tabla 12. Caracterización de los Residuos Sólidos en el RSDJ.....	34
Tabla 13. Emisiones Categoría Residuos Sólidos y Gas Bogotá D.C. año 2014. 36	
Tabla 14. Emisiones Categoría Residuos Sólidos y Gas Bogotá D.C. Línea Base 2008.....	36
Tabla 15. Inventario de emisiones de gases efecto invernadero de Bogotá D.C. - Línea base 2008.....	38
Tabla 16. Contenido de materia orgánica degradable en aguas residuales industriales - año 2014.....	38
Tabla 17. Emisiones por categoría y gas - Bogotá D.C. Línea Base 2008.....	40
Tabla 18. Emisiones por categoría y gas - Bogotá D.C. Año 2014.....	40
Tabla 19. Estimación de nitrógeno en el efluente - Año 2014.....	43
Tabla 20. Estimación del factor de emisión y emisiones de N <sub>2</sub> O.....	43
Tabla 21. Emisiones por categoría y gas - Bogotá D.C. Línea Base 2008.....	43
Tabla 22. Emisiones por categoría y gas - Bogotá D.C. Año 2014.....	44
Tabla 23. Total Emisiones por categoría y gas del Sector Residuos - Bogotá D.C. Año 2014.....	44

### Índice de gráficas

Gráfica 1. Porcentaje de Emisiones según tipo de combustible.....	21
Gráfica 2. Metodología para la estimación de emisiones, Sector Transporte Aéreo. .....	23
Gráfica 3. Proporción de Emisiones Según el tipo de GEI .....	25
Gráfica 4. Consumo de Gas Natural por Estratos en Bogotá -2014.....	28
Gráfica 5. Porcentaje de aporte de emisiones generadas por consumo energía eléctrica por sectores .....	30
Gráfica 6. Relación de Residuos Sólidos Depositados en el RSDJ y la Población de la Ciudad en 2008 -2014 .....	34
Gráfica 7. Huella Total Módulos Energía y Residuos - Bogotá D.C. Año 2014 .....	45

## INTRODUCCIÓN

El cambio climático se define como un cambio estable y durable en la distribución de los patrones de clima en periodos de tiempo que van desde décadas hasta millones de años. El cambio climático puede estar limitado a una región específica, o puede abarcar toda la superficie terrestre.

Un ejemplo del cambio climático es el calentamiento global o aumento de la temperatura de la atmósfera terrestre que se ha estado observando desde finales del siglo XIX, y que ocasionó un aumento de aproximadamente 0.8 °C, temperatura que a través de mediciones confiables, evidencian que dos tercios de este aumento se produjo desde 1980.

Las investigaciones realizadas indican, con una certeza del 90% (actualizada a 95% en el 2013), que la causa del calentamiento es el aumento de gases de efecto invernadero que resultan de las actividades antropogénicas emitidas de la quema de combustibles fósiles (carbón, gasolina, gas natural y petróleo) y a ello se suma la deforestación.

Desde la revolución industrial hasta hoy, la quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón y gas), que se usan para producir energía, libera gases de efecto invernadero (Dióxido de Carbono, Metano, Óxido Nitroso Y Clorofluorocarbonos entre otros) a la atmósfera, acumulándolos en la misma, causando con ello el aumentando de la temperatura de la tierra y a su vez provocando una distorsión en el sistema climático global.

Razón por la cual es fundamental que se genere un cambio en la forma de producir y usar la energía, que puede ilustrarse con la sustitución de fuentes de energía sucias (carbón, gas, nuclear y petróleo) por limpias (solar y eólica).

Una organización internacional líder sobre el tema del cambio climático es el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC), el cual se creó desde 1988, que tiene dentro de sus actividades la preparación de metodologías y directrices para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, mediante el Equipo de tareas sobre los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (TFI). Esas metodologías y directrices ayudan, a las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y su Protocolo de Kyoto, a confeccionar los inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero producidas por las fuentes y las absorbidas por los sumideros.

La última publicación importante denominada Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero<sup>1</sup>, consiste en una

---

<sup>1</sup> IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme.

metodología dividida en 4 módulos: Energía, Procesos Industriales, Agricultura, Silvicultura y Otros Usos del Suelo y Residuos, con base en dichas directrices se realizó el presente informe que tiene como propósito calcular la huella de carbono parcial de la ciudad de Bogotá D.C., en la vigencia 2014.

Para la aplicación de la Metodología descrita y debido a las condiciones de la información aportada por las diferentes entidades, fue necesario limitar el estudio al desarrollo de dos módulos (Energía y Residuos), los cuales contemplan la mayor parte del inventario de Emisiones de Gases Efecto Invernadero en la Capital. De este modo, en el presente estudio, se encontrará, el capítulo dos, que contiene la definición de la Huella de Carbono y sus alcances; en el capítulo tres, se describe la metodología a desarrollar y los módulos específicos desarrollados en el presente estudio. En el capítulo cuatro, se realiza el cálculo del módulo de energía; el capítulo cinco, desarrolla el módulo de Residuos Sólidos y por último, en el capítulo sexto, se realiza la consolidación de los dos módulos para cuantificar la Huella de Carbono parcial que se detalla en el mismo, además se encontrará la introducción, antecedentes y conclusiones.

## 1. ANTECEDENTES

En las cumbres realizadas y documentos firmados en la década de los 90s, se obtuvieron en materia ambiental, entre otros logros, la identificación de los principales problemas ambientales, y el establecimiento de los compromisos para su solución en el corto, mediano y largo plazo, además de los acuerdos con el fin de estabilizar y reducir las concentraciones de Gases Efecto Invernadero (GEI); en materia de reducción, se pactó un porcentaje del 5% en el periodo 2008 – 2012, tomando como referencia los datos para el año de 1990 tal como lo estableció el Protocolo de Kyoto. Con lo anterior, se obtuvo un compromiso sólido con los cambios en los principales factores que están afectando el ambiente y sus recursos atmosféricos.

Con la Cumbre Mundial sobre Desarrollo Sostenible Johannesburgo 2002, conocida como Río +10, y la Conferencia sobre el Cambio Climático celebrada en Copenhague, se aprobó el Plan de Acción para frenar el deterioro ambiental, y la Declaración de Johannesburgo, en la que se afirma el compromiso con el desarrollo sostenible; en ella, países como Canadá y Rusia ratificaron su responsabilidad con la reducción de los GEI; posteriormente en el año 2007, se acordó facilitar el acceso a tecnologías limpias con estos mismos fines.

Colombia viene trabajando en generar acciones encaminadas a la reducción, mitigación y control de contaminantes que alteran la calidad del aire, las cuales han sido desarrolladas en diferentes regiones y municipios del país. Dichas gestiones parten desde la Constitución Nacional Colombiana de 1991, en la cual se estableció en el país, el derecho y compromiso con todo lo relacionado a la protección ambiental, especialmente en su artículo 79, *“Derecho a gozar de un ambiente sano”*. En esta carta magna, se encuentra el tema desarrollado en alrededor de cuarenta (40) artículos, que guardan relación con la protección y manejo de los recursos naturales y el ambiente del país.

Lo dicho, demuestra la importancia que el ambiente ha alcanzado; en la medida que los recursos naturales se hacen más escasos y aumenta su deterioro, crece la necesidad de regular mediante políticas y normas jurídicas, el uso y manejo de los mismos.

De igual manera, existe en la Constitución Política Nacional una serie de deberes y obligaciones para todos los colombianos, ilustrado por ejemplo en su artículo 95, donde se establece: *“La calidad de colombiano enaltece a todos los miembros de la comunidad nacional. Todos están en el deber de engrandecerla y dignificarla. El ejercicio de los derechos y libertades reconocidos en esta constitución implica responsabilidades”*. Por tanto, como uno de los deberes establecidos en la Constitución se establece: *“Proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano”*.

En este orden de ideas, la Constitución Nacional exige tanto el derecho de todos los colombianos por tener acceso a condiciones óptimas de calidad ambiental, como también el deber que tenemos todos por adoptar conductas de respeto y cuidado por los recursos naturales y el ambiente, con el fin de generar un sistema armónico y sostenible, que permita la adquisición de mejores condiciones de calidad de vida.

En Colombia se han adoptado una serie de políticas internacionales que responden a la solución de las problemáticas derivadas del desarrollo social, económico, político tecnológico y ambiental de la sociedad, por tal razón el país se suscribió a la “*Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*” por medio de la Ley 164 de 1994<sup>2</sup>, mediante la cual el gobierno nacional se comprometió en su artículo 4 literal b, a: “*Formular, aplicar, publicar y actualizar regularmente programas nacionales y, según proceda, regionales, que contengan medidas orientadas a mitigar el cambio climático, tomando en cuenta las emisiones antropógenas por las fuentes y la absorción por los sumideros de todos los gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal<sup>3</sup>, y medidas para facilitar la adaptación adecuada al cambio climático*”.

Posteriormente con la “Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático”, se firma el acuerdo internacional de reducir los gases efecto invernadero (GEI), siendo estos los principales causantes del calentamiento global, conocido como “Protocolo de Kyoto” firmado en 1997, con este se hace una identificación de los vacíos en la implementación de los resultados de la Cumbre de Río, en especial a los relacionados con la equidad social y la pobreza. Las iniciativas en las cuales los países deben trabajar para cumplir con el porcentaje pactado del 5% de reducción a través de instrumentos internacionales como: el comercio de bonos de carbono en el mercado internacional, sanciones a países con mayores índices de contaminación, e implementación de Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL) entre otras.

Con el objetivo de que las naciones tengan una herramienta para la estimación de los gases que están afectando la calidad del aire local, y aportando a la variación del clima global, el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), desarrollo la metodología “Directrices del IPCC de 2006 para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero”, y a su vez dicha estimación sea reportada como una estrategia adoptada por la “Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático”, CMNUCC.

---

<sup>2</sup> Por medio de la cual se aprueba la “Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático”, hecha en Nueva York el 9 de Mayo de 1992.

<sup>3</sup> El Protocolo de Montreal es un tratado internacional diseñado para proteger la capa de ozono, reduciendo la producción y el consumo de numerosas sustancias que según estudios, reaccionan con el ozono y se cree que son responsables del agotamiento de esta capa. El acuerdo fue negociado en 1987 y entró en vigor el 1º de enero de 1989.

En concordancia con lo anterior, Colombia también adquiere otros compromisos internacionales en materia ambiental, como es el “*Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*”, aprobada a través de la Ley 629 del 27 de diciembre de 2000<sup>4</sup>, y como lo establecido en la Conferencia de las Partes, máximo órgano de decisión de la convención en la reunión celebrada en Bali (Indonesia) en 2007, donde se responsabiliza en adoptar la hoja de ruta de Bali, que incluye el plan de acción del protocolo de Kioto, donde se abordaron 4 módulos básicos: mitigación, adaptación, transferencia y distribución de tecnología y financiación.

Posteriormente dentro de la agenda del país, y como una de las políticas formuladas para generar acciones encaminadas a la reducción de (GEI), desde el Plan Nacional de Desarrollo “*Prosperidad Para Todos 2010 – 2014*”, en su artículo 105<sup>5</sup>, se dan las primeras iniciativas para valorar la afectación generada por diferentes sectores productivos del país.

A nivel nacional actualmente, se recopilan las medidas tomadas para reducir la emisión de (GEI) causantes de cambio climático, en la adopción de cuatro estrategias prioritarias recopiladas en el Plan de Desarrollo Nacional “*Prosperidad Para Todos 2010 – 2014*” y en el CONPES 3700 de 2011<sup>6</sup>, estos nuevos instrumentos de política están determinadas por:

- *La Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono ECDBC.*
- *La Estrategia Nacional para la Reducción de las Emisiones debidas a la Deforestación y la Degradación Forestal en los Países en Desarrollo; y la Función de la Conservación, la Gestión Sostenible de los Bosques y el Aumento de las Reservas Forestales de Carbono en los Países en Desarrollo – ENREDD.*
- *El Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático – PNACC.*
- *La Estrategia de protección financiera y gestión de riesgo de desastres.*

Este documento CONPES 3700 de 2011, es el resultado de la necesidad de generar acciones ante la emergencia invernal que el país vivió en el año 2010 y 2011, por esta razón el Consejo Nacional de Política Económica y Social pone a disposición la; “*Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en materia de Cambio Climático en Colombia*”, como un mecanismo para integrar la

---

<sup>4</sup> Por medio de la cual se aprueba el “Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático”, hecho en Kioto el 11 de diciembre de 1997.

<sup>5</sup> Artículo 105 establece “*Energías Renovables. El gobierno Nacional diseñará e implementará una política nacional encargada de fomentar la investigación, el desarrollo y la innovación de las energías solar, eólica, geotérmica, mareomotriz, hidráulica, undimotriz y demás alternativas ambientalmente sostenibles, así como una política nacional orientada a valorar el impacto del carbono en los diferentes sectores, y a establecer estímulos y alternativas para reducir su huella en nuestro país*” Plan Nacional de Desarrollo “Prosperidad para Todos” 2010 – 2014.

<sup>6</sup> Estrategia Institucional para la Articulación de Políticas y Acciones en Materia de Cambio Climático en Colombia. 14 de julio de 2011.

problemática de desarrollo económico y social, causada por los efectos del cambio climático, dentro de los procesos de planificación e inversión de los sectores y territorios..

En cuanto al marco para la implementación de la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC), se busca tanto romper la relación evidenciada entre el crecimiento de las emisiones de (GEI), y el desarrollo económico del país, como:

- *“Identificar y valorar acciones que estarán encaminadas a evitar el crecimiento acelerado de las emisiones de (GEI) a medida que los sectores crecen.*
- *Desarrollar planes de acción de mitigación en cada sector productivo del país.*
- *Crear o promover las herramientas para su implementación, incluyendo un sistema de monitoreo y reporte”<sup>7</sup>.*

La (ECDBC) cuenta con el diseño e implementación de planes, proyectos y políticas que tiendan a la mitigación de los (GEI), en torno a fortalecer el crecimiento social y económico del país, y con esto a dar cumplimiento a los estándares mundiales de eficiencia, competitividad y desempeño ambiental<sup>8</sup>.

El desarrollo de la (ECDBC), cuenta con el apoyo del Departamento Nacional de Planeación (DNP), que actúa como líder y socio estratégico, en torno a apoyar la estrategia en la tarea de ligar los modelos sectoriales con su modelo de Equilibrio General Computable, y a integrar las prioridades sectoriales identificadas por esta estrategia.

En cuanto a los sectores que están relacionados con el crecimiento de estos contaminantes atmosféricos, y sobre los cuales se establece la estrategia, se encuentran: el sector de la Industria, Energía, Minería, Transporte, Vivienda, Residuos Sólidos y el sector Agropecuario. Con esta estrategia, se quiere identificar y valorar tanto las acciones encaminadas a evitar el crecimiento de las emisiones de (GEI), en relación con el crecimiento de estos sectores, por medio de la creación de planes de acción y gestiones de mitigación por cada uno de ellos, como las herramientas para su implementación.

Adicionalmente con el desarrollo de esta estrategia, el gobierno nacional busca aprovechar las oportunidades de financiación a nivel internacional, así como promover la transferencia de tecnología, potenciar beneficios, y preparar a los sectores económicos del país frente a posibles barreras comerciales.

---

<sup>7</sup> Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Estrategia Colombiana Bajo en Carbono en línea.

<sup>8</sup> Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible 2013.

Entre los logros más recientes a nivel mundial relacionado con el tema que nos atañe en este estudio tenemos la conferencia de París sobre el cambio climático (Conferencia de las Partes 21<sup>9</sup>), donde los países incluido Colombia, se comprometen a lograr *"un equilibrio entre los gases emitidos y los que pueden ser absorbidos"*<sup>10</sup>.

De igual manera, el Distrito Capital consciente del deterioro ambiental y en aras de reducir la emisión de gases de efecto invernadero se compromete de manera voluntaria, a través de la firma del Manifiesto de Bogotá, Distrito Capital, frente al cambio climático en junio 23 de 2008, siendo uno de sus mayores compromisos el de *"...poner el máximo empeño para la realización de acciones que permitan la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero y la mitigación de sus efectos"*.

Otra de las acciones adelantada corresponde al Acuerdo 391 del 5 de agosto de 2009 *"Por medio del cual se dictan lineamientos para la formulación del Plan Distrital de Mitigación y Adaptación al cambio climático y se dictan otras disposiciones"*.

Con el fin de contar con la información precisa y necesaria en relación con las fuentes y sumideros de GEI en Bogotá, la Secretaría Distrital de Ambiente, desarrolló el Inventario de los mismos, teniendo como año base el 2008, con el fin de planificar las estrategias, programas y acciones de mitigación y reducción de las emisiones de GEI.

Sumado a los esfuerzos de la Secretaría Distrital de Ambiente-SDA, entidades como Transmilenio, Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos-UAESP y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá-EAB, han realizado proyectos con miras a disminuir sus emisiones a través de Mecanismos de Desarrollo Limpio-MDL, tales como el proyecto MDL TransMilenio, Proyecto de Biogás Doña Juana y la Central Hidroeléctrica Santa Ana.

La Contraloría de Bogotá, por mandato constitucional establecido en el Artículo 272. *"...Los contralores departamentales, distritales y municipales ejercerán, en el ámbito de su jurisdicción, las funciones atribuidas al Contralor General de la República en el artículo 268..."*, le corresponde al Contralor de Bogotá D.C., conforme al numeral 7 del último artículo mencionado, presentar anualmente al Honorable Concejo de Bogotá y a la Ciudadanía, un Informe sobre el Estado de los Recursos Naturales y del Ambiente de Bogotá.

---

<sup>9</sup> Acuerdo firmado el 12 de diciembre de 2015

<sup>10</sup> Artículo 2 "...literal a) *Mantener el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2°C con respecto a los niveles preindustriales, y proseguir los esfuerzos para limitar ese aumento de la temperatura a 1,5°C con respecto a los niveles preindustriales, reconociendo que ello reduciría considerablemente los riesgos y los efectos del cambio climático...*"

En dichos informes se han presentado los resultados del ejercicio del control fiscal ambiental de la Contraloría de Bogotá D.C., en el contexto de las evaluaciones tanto de la política pública como de la gestión ambiental, institucional, sectorial y distrital, y sus avances y/o retrocesos alrededor de la sostenibilidad ambiental en el Distrito Capital, fin último de las mismas.

Para esta ocasión la Contraloría de Bogotá presenta un informe estructural en el cual se realizó el cálculo de emisiones de Gases Efecto Invernadero generadas por determinadas actividades del sector energético y la producción y disposición de residuos en la ciudad; con el fin de estimar la Huella de Carbono parcial para la vigencia 2014. La metodología empleada fue propuesta por el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático – IPCC<sup>11</sup> en el año 2006, la cual plantea las Directrices para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

---

<sup>11</sup> IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme.

## 2. DEFINICIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO

La Huella de Carbono es un indicador que representa la cantidad de Gases Efecto Invernadero – GEI emitidos a la atmósfera por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto<sup>12</sup>.

Este indicador expresado en CO<sub>2</sub> equivalente puede ser interpretado como un inventario de Gases Efecto Invernadero – GEI, el cual consiste en la cuantificación de los mismos emitidos hacia la atmósfera como producto de fuentes antropogénicas y de la cantidad de absorciones que se obtienen en los sumideros de carbono, ocurridos en un país durante un periodo de tiempo específico. Los resultados se presentan desagregados para cada GEI y por diferentes actividades y fuentes de emisión. Es importante tener en cuenta que las emisiones se calculan según el lugar donde ocurre la actividad, es decir, corresponden a emisiones directas; por ejemplo, se incluyen las emisiones generadas en la producción de energía eléctrica pero no se incluyen las emisiones generadas por el uso de dicha energía eléctrica en los diferentes sectores (emisiones indirectas), esto para evitar doble contabilidad<sup>13</sup>.

La huella de carbono puede ser cuantificada, para ciudades o países, mediante diversas metodologías planteadas por diferentes entidades y organizaciones, las más empleadas son la propuesta por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático - IPCC, el Greenhouse Gas Protocol - GHG Protocol y Bilan Carbone. Esta estimación es útil para orientar el desarrollo de las Ciudades hacia un desarrollo bajo en carbono y resiliente ante los impactos del cambio climático.

Además de la medición de GEI para áreas geográficamente definidas, actualmente existen diferentes estándares para la certificación de la Huella de Carbono que se pueden agrupar dependiendo si ésta corresponde a una organización o a un producto:

- Huella de carbono de una organización. Se analizan las emisiones de GEI de una organización a lo largo de un año o periodo determinado, generando un inventario de las mismas. Los estándares más utilizados son: GHG Protocol e ISO 14064-1:2012
- Huella de carbono de productos o servicios. Se analizan todas las emisiones de GEI realizadas durante el Ciclo de Vida del producto o servicio analizado. Los estándares más utilizados son: PAS 2050:2011, ISO/TS 14067:2013, con el apoyo de ISO 14040 e ISO 14044 para la elaboración del Análisis de Ciclo de Vida.

---

<sup>12</sup> Secretaría Distrital de Ambiente - SDA

<sup>13</sup> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia - IDEAM – Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero - GEI



CONTRALORÍA  
DE BOGOTÁ, D.C.

En conclusión la huella de carbono es una herramienta para medir el impacto que provocan las actividades del ser humano en el ambiente y se determina según la cantidad de emisiones de GEI (gases efecto invernadero) producidas, medidas en unidades de dióxido de carbono equivalente<sup>14</sup>.

Conociendo los resultados, además de saber el impacto medioambiental y los recursos que se utilizan, se pueden diseñar y aplicar planes de reducción y disminuir notablemente los costes, aumentando así la eficiencia. El siguiente paso es compensar las emisiones que no se puedan eliminar, para ello se puede emplear diferentes medidas de mitigación tendientes al equilibrio ambiental.

---

<sup>14</sup> Organización Coherencia.

### 3. MARCO METODOLOGICO PARA EL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

Para estimación de GEI para Bogotá – 2014, se realizó una adaptación de la metodología planteada por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático - IPCC en el año 2006<sup>15</sup>, ya que estas permiten el cálculo de la emisión de gases y contaminantes, a partir del uso de factores de emisión, que relaciona la cantidad de gas y contaminante emitido a la atmósfera con una actividad asociada a esa emisión<sup>16</sup>.

En particular el método IPCC relaciona los factores de Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), Óxido Nitroso (N<sub>2</sub>O) y Metano (CH<sub>4</sub>) en la elaboración de los inventarios. Para estimar estos gases en todos los sectores, se divide por categorías principales, entendiendo como categoría principal la que: “por su estimación influye significativamente sobre el inventario total de gases de efecto invernadero de un país”<sup>17</sup>. Las categorías presentadas por el IPCC, 2006 seleccionadas para la elaboración del inventario de GEI de este estudio son:

1. Módulo de Energía:
  - 1.1. Quema de Combustibles
    - 1.1.1. Transporte
    - 1.1.2. Otros sectores
  - 1.2. Energía Eléctrica
2. Módulo de Residuos:
  - 2.1. Residuos sólidos
  - 2.2. Residuos líquidos.
    - 2.2.1. Óxido nitroso por aguas servidas humanas en cuerpos de agua.

Para abordar estas categorías el IPCC presenta tres niveles de complejidad metodológica. El Nivel 1 es el método básico, el Nivel 2, el intermedio, y el Nivel 3 es el más exigente en cuanto a la complejidad y a los requisitos de los datos. A veces se denominan los niveles 2 y 3 métodos de nivel superior y se los suele considerar más exactos. Las categorías desarrolladas se encuentran entre los niveles 1 y 2, basados en la cantidad de datos que fue posible recolectar.

---

<sup>15</sup> IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme.

<sup>16</sup> SDA, 2008. Inventario De Emisiones De Gases Efecto Invernadero De Bogotá D.C.- Línea Base - 2008

<sup>17</sup> IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme.

El abordaje metodológico general consiste en combinar la información sobre una actividad humana (datos de la actividad = A), con un Factor de emisión de cada gas (FE) para cada actividad. Por consiguiente, la ecuación básica es:

$$\text{Emisiones (E)} = A \times \text{FE}$$

Las emisiones (E) estarán dadas en kg o Ton del gas por año; la tasa de actividad (A) se puede expresar como consumo de combustible o producción anual de la industria, y el factor de emisión (FE) se expresara en masa de gas sobre unidades de energía o consumos.

Las emisiones totales reportadas en este documento son expresadas en CO<sub>2</sub>eq, unidad de medida usada para indicar el potencial de calentamiento global de los GEI.

## 4. ESTIMACIÓN HUELLA DE CARBONO MODULO DE ENERGÍA

En la guía del IPCC (2006) se señala que el sector energético suele ser el más importante de los inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero y, comúnmente, aporta más del 90 por ciento de las emisiones de CO<sub>2</sub> y 75 por ciento del total de las emisiones de gases de efecto invernadero de los países desarrollados.<sup>18</sup> Para este acercamiento a la Huella de Carbono de Bogotá 2014, no se estimará las emisiones por quema de combustibles sólidos en el sector industrial debido a la dificultad de acceso a la información, indicando que el módulo de energía no representará la totalidad de emisiones.

### 4.1. QUEMA DE COMBUSTIBLES

Para los fines del inventario, la quema del combustible puede definirse como la oxidación intencional de materiales dentro de un aparato diseñado para suministrar calor o trabajo mecánico a un proceso, o para utilizar fuera del aparato<sup>19</sup>. Este proceso se lleva a cabo en los sectores presentados a continuación.

#### 4.1.1 SECTOR INDUSTRIAL.

Tabla 1

Huella de Carbono Sector Industrial - 2014.

HUELLA DE CARBONO SECTOR INDUSTRIAL – 2014				
COMBUSTIBLE	Ton CH <sub>4</sub>	Ton CO <sub>2</sub>	Ton NO <sub>2</sub>	Ton CO <sub>2</sub> Eq
Gas Natural	0,37	20.832,42	0,037	20.852,66
GLP	0,37	23.550,95	0,037	23.571,29
<b>TOTAL</b>	<b>0,74</b>	<b>44.383,37</b>	<b>0,074</b>	<b>44.423,95</b>

Fuente: Superintendencia de servicios públicos – Sistema Único de Información de Servicios Públicos SUI.  
Cálculos: Contraloría de Bogotá – Subdirección de Estudios Económicos y Fiscales.

La Huella de Carbono del sector industrial asociada al consumo de Gas Natural y GLP fue estimada en 44.423,95 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente, de los cuales el 82 % pertenece al consumo de gas natural y 18% restante a consumo de GLP. Estos combustibles son ampliamente utilizados en la industria debido a los requerimientos de la maquinaria, además de funcionar como combustibles de apoyo en diversos tipos de procesos ejecutados en la producción de materias primas.

El sector industrial se divide en industrias manufactureras y de construcción que en ocasiones generan emisiones GEI, como subproducto de los procesos productivos

<sup>18</sup> IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Vol. 2 Energía.

<sup>19</sup> Ibídem

realizados mas no por la quema de combustible ni por la generación de emisiones por actividades de extracción y producción de petróleo y gas natural junto con las acciones realizadas en refinerías, termoeléctricas y centros de tratamiento de gas entre otros.

#### 4.1.2. TRANSPORTE

Esta categoría está dividida en dos subcategorías, la primera corresponde a las emisiones generadas por el transporte terrestre de la ciudad y la segunda al transporte aéreo. La suma de las emisiones resultantes en cada una será totalidad de las emisiones de la categoría y una parte de las emisiones del módulo de energía.

##### 4.1.2.1. Transporte terrestre

La subcategoría de transporte terrestre corresponde a las emisiones generadas por la quema de combustibles en el uso de todos los tipos de vehículos, como los de servicio ligero (automóviles y camiones); los vehículos para servicio pesado como los tractores de remolque y los autobuses y las motocicletas de ciudad (incluidos los ciclomotores, scooters y triciclos). Estos vehículos funcionan con muchos tipos de combustibles gaseosos y líquidos, los cuales producen en su mayoría dióxido de carbono - CO<sub>2</sub>, óxido nitroso NO<sub>2</sub> y Metano CH<sub>4</sub>.

La estimación de dichas emisiones se realizó con base en el combustible consumido en la ciudad durante el año 2014 (el cual está representado por la cantidad de combustible vendido), y los factores de emisión por defecto sugeridos por el IPCC. Los datos de combustibles recopilados para la estimación se presentan a continuación:

Tabla 2

#### Cantidad de Combustible Vendido en Bogotá D.C – 2014

COMBUSTIBLES	UND DE CONSUMO	CONSUMO	FUENTE
<b>GASOLINA (Corriente y extra)</b>	Galones/año	267.570.395,10	SDH
<b>ALCOHOL CARBURANTE*</b>	Galones/año	29.730.043,90	SDH
<b>DIESEL (Corriente y extra)</b>	Galones/año	191.808.835,80	MIN MINAS
<b>BIODIESEL</b>	Galones/año	16.679.029,20	MIN MINAS
<b>GAS NATURAL VEHICULAR (GNVC)</b>	MPC	7.945,44	UPME

Cálculo: Contraloría de Bogotá - Subdirección de Estudios Económicos y Fiscales; Fuente: Las indicadas en la Tabla

\*La cantidad de Alcohol carburante se determinó como el 10% de la gasolina, y el biodiesel como el 8% de Diésel ya que se encuentran mezclados.<sup>20</sup>

<sup>20</sup> Unidad de Planeación Minero Energética – UPME.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> para el sector transporte se estimaron con el método de nivel 1<sup>21</sup> el cual las calcula multiplicando el combustible estimado que se vende con un factor de emisión por defecto para dicho gas. Para calcular las emisiones de N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> el método del IPCC recomienda tener en cuenta las características del combustible, la distancia recorrida y la tecnología de control de emisiones de cada vehículo entre otros (Nivel 2 y 3); sin embargo para este informe no se dispuso de la totalidad de los datos, los cual conllevo a estimar dichas emisiones con los factores por defecto indicados en la guía IPCC para cada combustible respondiendo al Nivel 1. Las emisiones de CO<sub>2</sub> eq por trasporte terrestre se presenta en la tabla siguiente:

**Tabla 3**

**Emisiones de CO<sub>2</sub>eq por combustible en Bogotá D.C. – 2014**

COMBUSTIBLES	ENERGÍA (TJ)*	Ton CO <sub>2</sub>	Ton CH <sub>4</sub>	Ton N <sub>2</sub> O	Ton CO <sub>2</sub> eq
<b>GASOLINA (Corriente y extra)</b>	32.540,99	2.255.090,89	1.073,85	104,13	2.312.753,53
<b>ALCOHOL CARBURANTE</b>	2.382,78	168.701,05	619,52	97,69	211.936,65
<b>DIESEL (Corriente y extra)</b>	26.386,43	1.955.234,40	102,91	211,09	2.014.055,02
<b>BIODIESEL</b>	2.217,99	157.033,67	8,65	17,74	161.978,01
<b>GAS NATURAL VEHICULAR (GNVC)</b>	7.784,24	436.695,90	716,15	23,35	462.936,58
<b>Total</b>		<b>4.972.755,91</b>	<b>2.521,08</b>	<b>454,01</b>	<b>5.163.659,80</b>

Fuente: Contraloría de Bogotá - Subdirección de Estudios Económicos y Fiscales

\*Las unidades originales de los combustibles fueron transformados a unidades de energía utilizando los valores calóricos de combustibles colombianos establecidos por la Unidad de Planeación Minero Energética<sup>22</sup>.

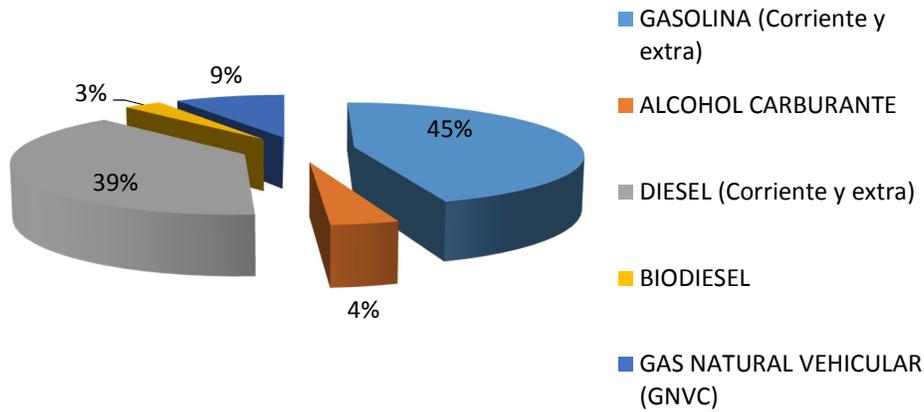
El combustible consumido por el transporte terrestre en la ciudad de Bogotá en el año 2014 emitió 5.163.659,80 de Toneladas de CO<sub>2</sub>eq a la atmosfera, de las cuales el 45% y 39% corresponden a la quema de gasolina y Diésel respectivamente, lo que se contrasta con los bajos aportes de emisiones de GEI por la quema de Etanol, Biodiesel y GNVC (Gráfica 1). Lo anterior podría indicar que la reconversión de los vehículos por tecnologías y combustibles más limpios disminuirían significativamente las emisiones atmosféricas de la ciudad.

<sup>21</sup> IPCC 2006, 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme. Vol. 2 Energía.

<sup>22</sup> Unidad de Planeación Minero Energética – UPME. - Balances Energéticos 1975 - 2006

**Gráfica 1.**

**Porcentaje de Emisiones según tipo de combustible**



Fuente: Contraloría de Bogotá - Subdirección de Estudios Económicos y Fiscales

La contribución del Sistema de transporte masivo de la ciudad “Transmilenio” a la huella de Carbono corresponde a 529.649,35 Ton de CO<sub>2</sub>eq, las cuales equivalen al 10,26% del total de la Huella de Carbono del transporte terrestre. El 89,74% restante representa las emisiones generadas por todos los tipos de vehículos (ligeros y pesados) en servicio público y privado. Así mismo, de la flota vehicular del Sistema Transmilenio que presta el servicio, los buses articulados y buses alimentadores son los que más consumo de combustible tiene, por consiguiente mayor cantidad de emisiones.

**Tabla 4**

**Emisiones de CO<sub>2</sub>eq Transmilenio – 2014**

COMBUSTIBLES	ENERGÍA (TJ)	Ton CO <sub>2</sub>	Ton CH <sub>4</sub>	Ton N <sub>2</sub> O	Ton CO <sub>2</sub> eq
DIESEL	6.422,49	475.906,67	25,05	51,38	490.223,69
BIODIESEL	539,86	38.222,21	2,11	4,32	39.425,66
<b>Total</b>		514.128,87	27,15	55,70	529.649,35

Fuente: Contraloría de Bogotá - Subdirección de Estudios Económicos y Fiscales

**4.1.2.2. Transporte aéreo**

Las emisiones correspondientes a las operaciones aéreas son consecuencia de la quema de combustibles de reactores y gasolina para aviación, estas están formadas en su mayoría por dióxido de carbono - CO<sub>2</sub> y en menor proporción por otros componentes.

La cuantificación de las emisiones de este sector es de gran importancia debido al crecimiento del mismo. A pesar que la renovación de la flota de aeronaves ha reducido drásticamente la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos en las diferentes etapas del vuelo, que para la estimación de la huella asociada al sector se dividen en dos, la primera etapa corresponde a los ciclos LTO y la segunda a las operaciones de crucero. Los ciclos LTO (*Landing / Take Off*<sup>23</sup>) incluyen todas las actividades cercanas a los aeropuertos que se dan en alturas inferiores a los 3000 pies, es decir tanto los despegues como los aterrizajes, mientras que las operaciones de crucero se desarrollan por encima de la altura mencionada<sup>24</sup>. La diferenciación de las fases de vuelo se da ya que la naturaleza de la operaciones junto a factores como los tipos y la eficacia de los motores; el combustible utilizado; la duración del vuelo; la configuración de potencia; el tiempo usado para cada etapa del vuelo y en menor medida la altitud a la cual se emiten los gases de escape, influyen directamente en la cantidad y tipo de emisiones registradas<sup>25</sup>.

La estimación de GEI para Bogotá se realizó con base en una adaptación de la metodología planteada por el Panel Intergubernamental del Cambio Climático - IPCC en el año 2006, con el fin de contabilizar las emisiones directas de la aviación. (*Gráfica 2*).

---

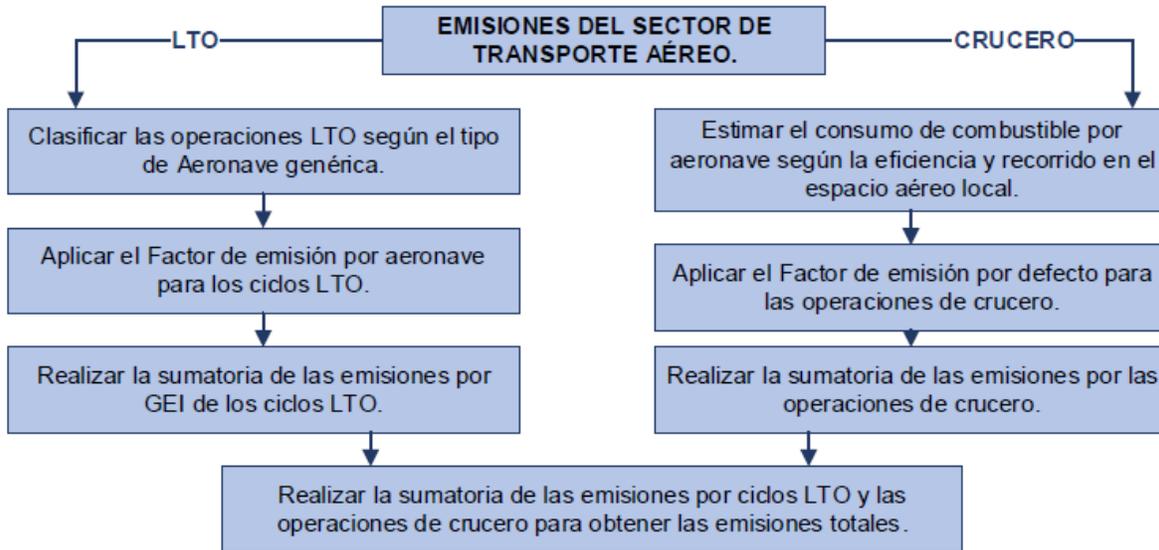
<sup>23</sup> OACI - Organización de Aviación Civil Internacional, 1993

<sup>24</sup> Aircraft Emissions - Panel Intergubernamental del Cambio Climático – IPCC

<sup>25</sup> Metodología revisión 2006 (volumen 2, capítulo 3) - Panel Intergubernamental del Cambio Climático – IPCC

Gráfica 2

Metodología para la estimación de emisiones, Sector Transporte Aéreo.



Fuente: Panel Intergubernamental del Cambio Climático – IPCC;  
Adaptación: Contraloría de Bogotá - Subdirección de Estudios Económicos y Fiscales.

El inventario de las emisiones del sector de transporte aéreo requirió diferentes tipos de información procedente tanto de entidades distritales como entidades nacionales, las cuales se relacionan a continuación:

Tabla 5

Estructura de Información para el Sector de Transporte Aéreo.

CATEGORÍA IPCC	SUBCATEGORÍA IPCC	NIVEL DE APLICACIÓN METODOLÓGICA	FUENTES DE INFORMACIÓN	INFORMACIÓN REQUERIDA
Actividades de Quema de Combustible.	Transporte Aéreo.	Nivel 2	Unidad de Planeación minero energética - UPME	Cantidad de combustible (Jet A1) consumido en el transporte aéreo.
			ECOPETROL	
			Aeronáutica Civil	Estadísticas de operaciones aéreas en Bogotá Numero de ciclos LTO por tipo de aeronave.



CATEGORÍA IPCC	SUBCATEGORÍA IPCC	NIVEL DE APLICACIÓN METODOLÓGICA	FUENTES DE INFORMACIÓN	INFORMACIÓN REQUERIDA
			Secretaría Distrital de Ambiente	Millas recorridas en el espacio aéreo de Bogotá
			IPCC	Eficiencia de Aeronaves
				Factores de Emisión

Fuente: Contraloría de Bogotá - Subdirección de Estudios Económicos y Fiscales.

En el inventario de emisiones correspondientes a este sector para la ciudad de Bogotá, la mayor parte de las emisiones son generadas en las operaciones de despegue y aterrizaje ya que el consumo de combustible es mayor que en la fase de crucero debido a las condiciones de altura, densidad del aire y temperatura en alturas superiores a 3000 pies, lo cual mejora el rendimiento de las aeronaves, a tal punto que las reducciones en la quema de combustible frente a los ciclos LTO son significativas.

La proporción de emisiones de dióxido de carbono equivalente, del sector de aviación, varía en función al gas de efecto invernadero que se evaluó ya que la radiación infrarroja que atrapan en la atmósfera es relativa a su masa, en este caso, el CO<sub>2</sub><sup>26</sup> y el N<sub>2</sub>O<sup>27</sup> aportan la mayor cantidad de CO<sub>2</sub>Eq<sup>28</sup>, contrario a las emisiones de CH<sub>4</sub><sup>29</sup> esto se debe a que la flota de aeronaves que opera en Bogotá está compuesta en gran parte por aviones de modelos recientes, diversas organizaciones afirman que motores modernos no emiten CH<sub>4</sub> o emiten pequeñas cantidades esto sumado a que las emisiones de este gas durante la fase de crucero se consideran despreciables.

Las emisiones locales para Bogotá en el año 2014 se componen en un 95,85 % de CO<sub>2</sub>, 0,16% de N<sub>2</sub>O y 0,99% de CH<sub>4</sub> (*Gráfica 3*), esto refleja la eficiencia en la renovación de la flota de aeronaves de las aerolíneas nacionales e internacionales que operan en la terminal aérea El Dorado junto a las acciones de control de emisiones realizadas en conjunto con las autoridades ambientales y aeroportuarias.

<sup>26</sup> Dióxido de Carbono – CO<sub>2</sub>

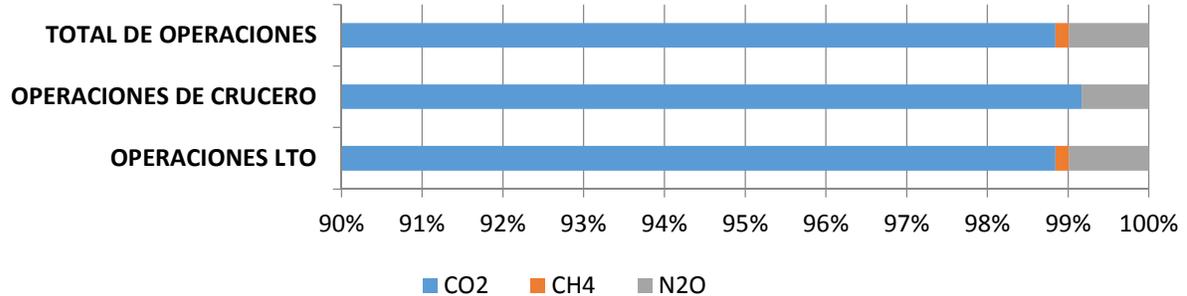
<sup>27</sup> Óxido Nitroso – N<sub>2</sub>O

<sup>28</sup> Dióxido de Carbono Equivalente – CO<sub>2</sub> Eq

<sup>29</sup> Metano – CH<sub>4</sub>

**Gráfica 3**

**Proporción de Emisiones Según el tipo de GEI**



Fuente: Aeronáutica Civil, Secretaría Distrital de Ambiente-SDA  
Cálculos: Contraloría de Bogotá - Subdirección de Estudios Económicos y Fiscales.

La huella de carbono estimada para el sector de transporte aéreo en Bogotá para el año 2014 fue de 955.635,86 Toneladas de CO2 equivalente de las cuales 953.902,65 se deben a los ciclos LTO mientras que tan solo el 0,19% corresponde a la fase de crucero dentro del espacio aéreo bogotano.

**Tabla 6**

**Huella de Carbono Sector de Transporte Aéreo - 2014.**

HUELLA DE CARBONO SECTOR DE TRANSPORTE AÉREO – 2014					
	Kg CO2 Eq por GEI			Kg CO2 Eq	Ton CO2 Eq
	CO2	CH4	N2O		
<b>LTO</b>	942.881.205,00	1.559.873,56	9.461.575,90	953.902.654,46	953.902,65
<b>CRUCERO</b>	1.718.741,62	-	14.459,25	1.733.200,88	1.733,20
<b>TOTAL</b>	944.599.946,62	1.559.873,56	9.476.035,15	955.635.855,34	<b>955.635,86</b>

Fuente: Aeronáutica Civil, Secretaría Distrital de Ambiente-SDA  
Cálculos: Contraloría de Bogotá - Subdirección de Estudios Económicos y Fiscales.

Por otro lado, al realizar la comparación de la Huella de Carbono estimada para el subsector en el año 2014 con relación la línea base<sup>30</sup> correspondiente al año 2008 se evidencia el aumento de la misma en un frente a las 230,198.98 Toneladas de CO2 Eq para dicha vigencia, este aumento se debe al crecimiento del sector reflejado en las operaciones aéreas llevadas a cabo, las cuales corresponden a 337.137,00 ciclos LTO para el año 2014.

<sup>30</sup> Inventario emisiones de gases efecto invernadero, Bogotá D.C, Línea Base – Secretaría Distrital de Ambiente -SDA

#### 4.1.3. OTROS SECTORES

La huella de carbono generada en Bogotá por otros sectores corresponde a las emisiones resultantes de la quema de diferentes tipos de combustibles, tanto en actividades económicas como residenciales.

La estimación de las emisiones correspondientes a estos sectores se realizó con base en las directrices del Panel Intergubernamental del Cambio Climático - IPCC establecidas en el año 2006. Con el fin de relacionar la cantidad de gas emitido en los sectores, comercial, institucional y residencial, se emplean factores de emisión propuestos por el IPCC y la Unidad de Planeación Minero Energética – UPME<sup>31</sup>, haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$\text{Emisión} = \text{Consumo de combustible} * \text{Factor de Emisión GEI}$$

*Ecuación (1)*

Se debe tener en cuenta que la información empleada para calcular las emisiones de estos sectores esta constituida por los consumos de gas natural y gas licuado de petróleo en las actividades realizadas durante el año 2014. (Tabla 7)

**Tabla 7**

**Estructura de Información para el Sector de Transporte Aéreo.**

CATEGORÍA IPCC	SUBCATEGORÍA IPCC	NIVEL DE APLICACIÓN METODOLÓGICA	FUENTES DE INFORMACIÓN	INFORMACIÓN REQUERIDA
Actividades de Quema de Combustible.	Otros Sectores	Nivel 1	Unidad de Planeación minero energética - UPME	Estadísticas de Consumo de Gas natural y GLP.
			Superintendencia de servicios públicos. - SUI	
			IPCC	Factores de emisión para combustibles.
			UPME	

Fuente: Contraloría de Bogotá - Subdirección de Estudios Económicos y Fiscales.

Las emisiones de este tipo son generadas en su mayoría por la utilización de gas natural ya sea como combustible o materia prima. La cobertura de este servicio corresponde 89,9%<sup>32</sup> de la demanda de la población bogotana lo cual se refleja en los consumos, donde el sector residencial representa la mayor demanda de gas natural, seguido por el sector comercial.

<sup>31</sup> Factores de emisión para combustibles colombianos FECOC; Unidad de Planeación Minero Energética – UPME.

<sup>32</sup> DANE - SDP, Encuesta Multipropósito 2011 - 2014

En cuanto al consumo de Gas licuado de petróleo es utilizado principalmente como combustible en el sector comercial e industrial en respuesta a los diferentes tipos de actividades económicas realizadas, bien sea en la manufactura de productos o como uso de combustible para maquinaria entre otros.

La cuantificación de las emisiones asociadas al consumo de gas natural y GLP se realizó utilizando tanto los factores de emisión estimados por el IPCC como los estimados por la UPME con el fin de determinar las variaciones entre los mismos, además de ubicar de forma global a la ciudad en el caso de los factores del IPCC y de forma nacional mediante los factores de la Unidad de Planeación Minero energética.

**Tabla 8**

**Huella de Carbono Otros Sectores según factores de emisión del IPCC y la UPME - 2014.**

SECTORES	Ton CO2 Eq - IPCC		Ton CO2 Eq -UPME	
	GAS NATURAL	GLP	GAS NATURAL	GLP
Residencial	685.960,73	14.240,82	671.776,82	14.749,78
Industrial	20.852,66	23.571,29	20.462,21	24.457,01
Comercial	284.636,76	33.781,53	278.751,20	34.988,86
Institucional	34.936,65	79.774,07	34.214,25	82.625,16
<b>TOTAL</b>	1.026.386,79	151.367,70	1.005.204,48	156.820,80
		1.177.754,49		1.162.025,29

\*\* Incluye el sector oficial y especial asistencial

Fuente: Superintendencia de servicios públicos – Sistema Único de Información de Servicios Públicos SUI.

Cálculos: Contraloría de Bogotá – Subdirección de Estudios Económicos y Fiscales.

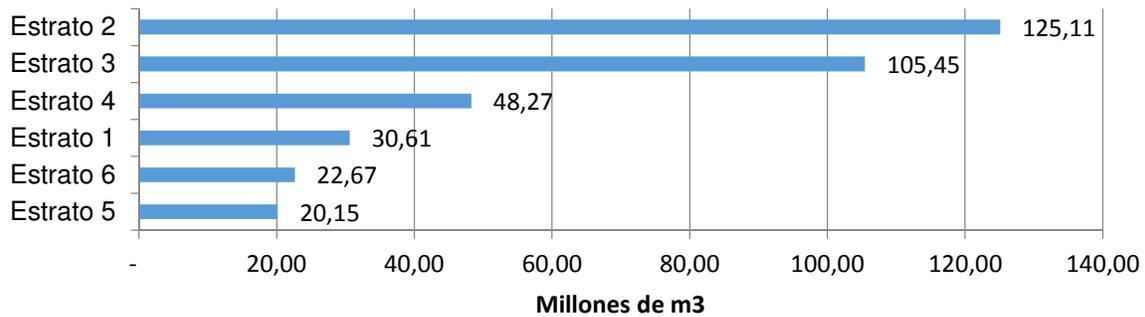
En la tabla 8 se presentan los resultados de la huella de carbono correspondiente a los sectores residencial, industrial, comercial e institucional, para fines pertinentes del presente informe se utilizarán los resultados obtenidos a partir de los factores de emisión determinados por el IPCC, con el objetivo de facilitar comparaciones con inventarios de GEI anteriormente realizados.

#### **4.1.3.1. Sector Residencial.**

La Huella de Carbono del sector residencial corresponde a 700.201,54 toneladas de CO2 equivalente e incluye tanto el consumo de GLP como de gas natural donde se producen el 97,97% de las emisiones ya que es el combustible de mayor demanda en el sector, así mismo el estrato 2 de la ciudad consume mayor cantidad de gas natural como se aprecia en la gráfica 4 siendo por consecuencia el responsable de la mayor parte de la generación de GEI.

El consumo de gas licuado de petróleo aporta el 2,03% restante de las emisiones que corresponden a 14.240,82 toneladas de CO2 equivalente, el consumo de este combustible es utilizado principalmente en zonas que no cuentan con un cubrimiento óptimo de servicios públicos, por tanto, según las proyecciones realizadas por la Secretaría Distrital de Planeación, disminuirá su utilización debido a la ampliación de las redes de suministro de gas natural, según la encuesta multipropósito realizada en el año 2014<sup>33</sup>.

**Gráfica 4**  
**Consumo de Gas Natural por Estratos en Bogotá -2014**



Fuente: Superintendencia de servicios públicos – Sistema Único de Información de Servicios Públicos SUI.  
Cálculos: Contraloría de Bogotá – Subdirección de Estudios Económicos y Fiscales.

Con relación al inventario de emisiones realizado por la Secretaría Distrital de Ambiente en el año 2008 se ha presentado un aumento en la huella del sector, lo cual se debe fundamentalmente al aumento en el consumo de gas natural representado en mayor parte por el estrato 2 que ha aumentado los niveles de consumo con relación a los demás estratos de Bogotá.

<sup>33</sup> Secretaría distrital de planeación – SDP, Alcaldía Mayor de Bogotá.

#### 4.1.3.2. Sector Comercial / Sector Institucional.

Tabla 9

##### Huella de Carbono Sector Comercial e Institucional - 2014.

HUELLA DE CARBONO SECTOR COMERCIAL E INSTITUCIONAL				
COMBUSTIBLE	Ton CH4	Ton CO2	Ton NO2	Ton CO2Eq
Gas Natural	28,40	318.627,74	0,57	319.573,40
GLP	8,97	113.256,75	0,18	113.555,60
<b>TOTAL</b>	<b>37,37</b>	<b>431.884,49</b>	<b>0,75</b>	<b>433.129,00</b>

Fuente: Superintendencia de servicios públicos – Sistema Único de Información de Servicios Públicos SUI.  
Cálculos: Contraloría de Bogotá – Subdirección de Estudios Económicos y Fiscales.

En los sectores Comercial e Institucional se generaron 433.129,00 toneladas de CO2 eq correspondientes a la quema de combustibles, sin embargo, es necesario tener en cuenta que la utilización de carbón mineral y madera no fue incluida en el cálculo del presente informe.

#### 4.2. ENERGÍA ELÉCTRICA

Las emisiones generadas por el consumo de energía eléctrica en Bogotá para el año 2014 no se producen dentro de los límites de la ciudad. Sin embargo, son calculadas como emisiones indirectas. Las emisiones calculadas equivalen a 1.536.879,738 Ton de CO2 Eq, (Tabla 10).

Tabla 10

##### Huella de Carbono por energía eléctrica - 2014.

SECTOR		CONSUMO TOTAL (Kwh)	FE UPME (kgCO2/kwh)	Kg CO2	Ton CO2 eq
<b>RESIDENCIAL</b>	Estrato 1	241.077.127,0	0,166	40.018.803,082	40.018,803
	Estrato 2	1.269.999.495,0	0,166	210.819.916,170	210.819,916
	Estrato 3	1.293.762.788,0	0,166	214.764.622,808	214.764,623
	Estrato 4	522.694.394,0	0,166	86.767.269,404	86.767,269
	Estrato 5	231.780.471,0	0,166	38.475.558,186	38.475,558
	Estrato 6	253.975.228,0	0,166	42.159.887,848	42.159,888
<b>INDUSTRIAL</b>		2.027.525.891,0	0,166	336.569.297,906	336.569,298
<b>COMERCIAL</b>		2.500.900.462,0	0,166	415.149.476,692	415.149,477

SECTOR		CONSUMO TOTAL (Kwh)	FE UPME (kgCO2/kwh)	Kg CO2	Ton CO2 eq
<b>OFICIAL</b>		330.218.489,0	0,166	54.816.269,174	54.816,269
<b>ALUMBRADO PÚBLICO</b>		216.623.476,0	0,166	35.959.497,016	35.959,497
<b>OTROS</b>	Provisional	44.558.836,0	0,166	7.396.766,776	7.396,767
	Especial Asistencial	97.893.510,0	0,166	16.250.322,660	16.250,323
	Especial Educativo	110.197.697,0	0,166	18.292.817,702	18.292,818
	Areas Comunes	75.596.346,0	0,166	12.548.993,436	12.548,993
	Industrial Bombeo	39.750.453,0	0,166	6.598.575,198	6.598,575
	Distrito Riego	1.757.009,0	0,166	291.663,494	291,663
<b>TOTAL</b>		<b>9.258.311.672,0</b>	<b>0,166</b>	<b>1.536.879.737,552</b>	<b>1.536.879,738</b>

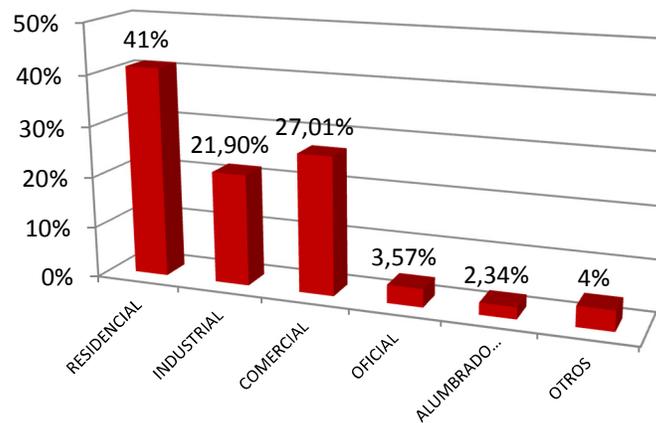
Fuente: Superintendencia de servicios públicos – Sistema Único de Información de Servicios Públicos SUI.  
Cálculos: Contraloría de Bogotá – Subdirección de Estudios Económicos y Fiscales.

El factor de emisión utilizado corresponde a 0,166 kg/Kwh, indicado por la UPME para la elaboración de inventarios de GEI<sup>34</sup>.

Del total de las emisiones generadas por el consumo de energía eléctrica, el sector que más contribuyó es el residencial, seguido por el comercial y el industrial, dado que existen más usuarios registrados de este tipo.

**Gráfica 5**

**Porcentaje de aporte de emisiones generadas por consumo energía eléctrica por sectores**



Fuente: Cálculos: Contraloría de Bogotá – Subdirección de Estudios Económicos y Fiscales.

<sup>34</sup> UPME, Pagina web: [http://www.upme.gov.co/Calculadora\\_Emisiones/aplicacion/calculadora.html](http://www.upme.gov.co/Calculadora_Emisiones/aplicacion/calculadora.html)

### 4.3. HUELLA DE CARBONO TOTAL MODULO DE ENERGÍA

La Huella de Carbono Total calculada del módulo de energía equivale a **8.833.929,89** toneladas de Co2 Eq de las cuales el mayor aporte se hace por el transporte terrestre, seguido por el transporte aéreo, esto debido a la quema de combustibles fósiles que se realiza en sector. *(Tabla 11)*

**Tabla 11**

**Aporte de emisiones por Subsector al Módulo de Energía**

<b>MODULO DE ENERGÍA</b>		
<b>SECTOR</b>	<b>TCO2 Eq</b>	<b>% PARTICIPACIÓN</b>
Sector Industrial	44.423,95	1
Transporte Terrestre	5.163.659,80	58
Transporte Aéreo	955.635,86	11
Comercial	318.418,28	4
Institucional	114.710,72	1
Residencial	700.201,54	8
Consumo de Energía Eléctrica	1.536.879,74	17
<b>TOTAL</b>	<b>8.833.929,89</b>	<b>100</b>

Fuente: Cálculos: Contraloría de Bogotá – Subdirección de Estudios Económicos y Fiscales.

## 5. ESTIMACIÓN DE LA HUELLA DE CARBONO MODULO DE RESIDUOS

El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) de 2006, determinó las directrices para el cálculo de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para los inventarios nacionales. El volumen sobre Desechos en esta metodología incluye las orientaciones para estimar las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), provenientes de la Eliminación de desechos sólidos, el Tratamiento biológico de los desechos sólidos, la Incineración de desechos y del Tratamiento y eliminación de aguas residuales.

Con base en esta metodología se calcularon las emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, utilizando información suministrada por: la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos – UAESP, para estimar las emisiones de GEI en la eliminación de desechos sólidos (código categoría 4A1); la Secretaría Distrital de Ambiente – SDA, para las del tratamiento de aguas residuales industriales (4D2) y con información de otras fuentes como el Departamento Nacional de Estadística DANE y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, para calcular las emisiones de óxido nitroso provenientes de las aguas residuales (4D3).

### 5.1. Eliminación De Residuos Sólidos.

Las actividades antrópicas desarrolladas en grandes ciudades, tiene como resultado final la generación de altos índices de contaminación, entre estos factores alterantes de las condiciones ambientales se encuentran los residuos sólidos, los cuales presentan una relación directa entre la población y los altos volúmenes de estos, en la ciudad de Bogotá D.C., los cuales tienen como sitio para la disposición final el Relleno Sanitario Doña Juana (RSDJ); con el inicio de las actividades del RSDJ desde el mes de noviembre de 1.988, después de que la ciudad sufrió varios conflictos de carácter ambiental al no contar con un lugar adecuado técnica y ambientalmente para el tratamiento y gestión de sus desechos, éste se convierte en el principal lugar utilizado para este fin, ubicado en la localidad de Ciudad Bolívar, cercano al cerro tutelar de Doña Juana en los sectores de Mochuelo Alto y Mochuelo Bajo, al sur de la ciudad<sup>35</sup>.

El tratamiento realizado se basa en la descomposición anaeróbica de los residuos, enterrados en tierra del cual se obtienen como productos la generación de biogás y lixiviados. Estos subproductos son potencialmente elementos y sustancias capaces

---

<sup>35</sup> Evaluación del Impacto del Relleno Sanitario Doña Juana en la Salud de Grupos Poblacionales en su Área de Influencia. Proactiva Doña Juana E.S.P. S.A. Bogotá julio de 2006.

de causar alteraciones en las condiciones ambientales de la ciudad, por tal razón requieren de un tratamiento posterior en caso de los lixiviados, antes de ser vertidos al río Tunjuelito, de igual manera un tratamiento de aprovechamiento de biogás.

La producción de lixiviados afecta a los componentes suelo y agua, ya que si estos lixiviados requieren de un tratamiento especial antes de ser vertidos a las fuentes naturales de agua, estos líquidos afectan las condiciones y propiedades de dichos recursos naturales, en tanto al ser depositados sin ningún tratamiento las sustancias que los componen alteran las condiciones de los suelos y fuentes de agua, al ser asimilados por procesos de infiltración.

Otro recurso natural alterado es el aire, ya que la descomposición de los residuos sólidos por medio de este sistema, genera una serie de gases contaminantes que afectan principalmente a la población, siendo estos los principales elementos causantes de enfermedades de tipo respiratorio; de igual manera, estos gases contribuyen a las variación climática, que se está manifestando a nivel nacional y mundial, por tal razón estos son considerados Gases de Efecto Invernadero (GEI). Por lo anteriores importante realizar una estimación de la cantidad de gases que se están emitiendo a la atmosfera por dicho proceso, con el fin de establecer medidas encaminadas a la reducción de los mismos.

El RSDJ cuenta con un proyecto de aprovechamiento de biogás emitido por la descomposición de los residuos orgánicos, el cual inicio sus primeras pruebas desde finales del año 2008; este sistema de tratamiento consiste, en la combustión del biogás para la eliminación del Metano ( $\text{CH}_4$ ), por destrucción térmica, llevado a cabo a través de tres (3) antorchas instaladas que operan a temperaturas de alrededor de  $1000^\circ\text{C}$ .

De igual manera el (RSDJ) cuenta con una Planta de Tratamiento de Lixiviados (PTL), para el manejo adecuado de los residuos líquidos provenientes de la descomposición de los residuos del relleno, el diseño de esta (PTL) tiene capacidad de tratamiento entre  $60 - 70 \text{ m}^3/\text{hora}$  de estos líquidos, que posteriormente son vertidos al Río Tunjuelito.

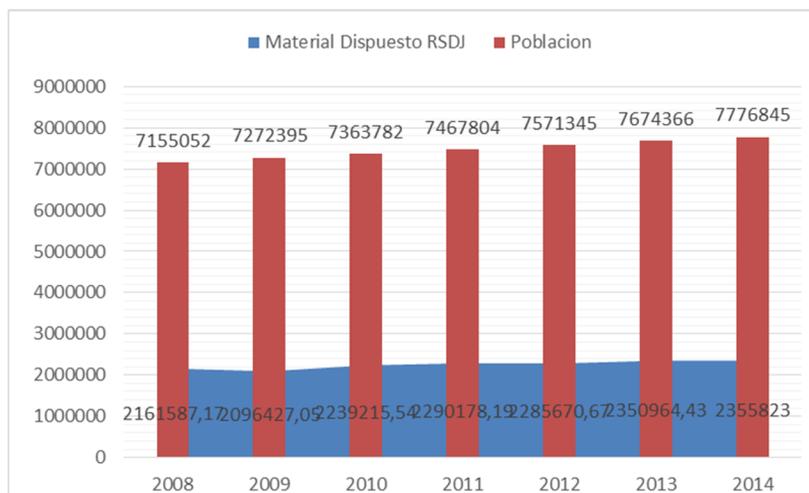
En la ciudad los desechos provenientes de las actividades industriales y domésticas, han presentado un incremento, relacionado con el aumento en la población de la ciudad, en la gráfica 7 se presenta la cantidad de residuos depositados en el RSDJ, y la población atendida en la ciudad desde los años 2008 – 2014, se estima que están llegando al (RSDJ), un volumen promedio de 6.455 toneladas diarias<sup>36</sup>.

---

<sup>36</sup> Información Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos UAESP. 2014.

**Gráfica 6**

**Relación de Residuos Sólidos Depositados en el RSDJ y la Población de la Ciudad en 2008 - 2014**



Fuente: Departamento Nacional de Estadística DANE; Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos UAESP. 2014.

En cuanto a la caracterización de los principales residuos sólidos, en la tabla 12 se presenta el tipo de residuos que llegan a este sitio de disposición final, dado por la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP), entidad encargada del manejo y gestión.

**Tabla 12**

**Caracterización de los Residuos Sólidos en el RSDJ**

	% TOTAL	Tn/año
Cartón	2,92	68722,5283
Caucho	0,64	15168,0437
Cenizas	0,00	0
Cerámica	0,09	2150,03339
Cuero	0,86	20376,2296
Hueso	0,41	9542,61393
Ladrillo	0,31	7215,86547
Madera	0,71	16778,1144
Materia Orgánica	65,48	1542756,95
Metales	0,68	15909,2653
Minerales	0,47	10995,6045
Papel	5,19	122247,56
Plástico	15,55	366310,711
Textil	5,52	130018,115
Vidrio	1,17	27631,3651
<b>TOTAL</b>	<b>100,00</b>	<b>2355823</b>

Fuente: Información Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos UAESP 2015. Contraloría de Bogotá D.C.

En este estudio del cálculo de la Huella de Carbono para los residuos generados en la ciudad, la Contraloría de Bogotá D.C., quiere observar el avance en la implementación de políticas dirigidas a generar en los ciudadanos un comportamiento encaminado a la reducción de sus desechos, en sus niveles de consumo y en la adopción de hábitos de separación en la fuente, así como también el desarrollo en la gestión de la administración de la ciudad de estrategias y programas que aporten en la disminución de los factores, que están alterando las condiciones óptimas de calidad ambiental de la ciudad, apoyados de políticas de minimización, reciclado y reutilización.

El cálculo de la Huella de Carbono se ha establecido a través de diferentes metodologías, encaminadas a estimar como una determinada actividad aporta a la producción de (GEI), y con esta al deterioro de las condiciones ambientales, especialmente su aporte al fenómeno del Cambio Climático por medio de GEI como el dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, el metano CH<sub>4</sub> entre otros.

Para esta estimación, se tuvo en cuenta las recomendaciones del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), quien desarrollo la metodología denominada “Directrices del (IPCC) con su actualización para el año 2006”, utilizada para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero”, esta técnica se genera como resultado de la Convención Marco de los Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), cuyo objetivo es el de estimar los inventarios de gases de efecto invernadero en las naciones, y que estos sean informados a la (CMNUCC), de esta manera determinar el grado de cumplimiento de los acuerdos firmados en materia de reducción de dichas emisiones.

La guía metodológica “Directrices del (IPCC) de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero” en su módulo de residuos sólidos, requiere de la recopilación de datos, acompañada de información de la gestión realizada para la eliminación de desechos en la ciudad, la composición y datos de la generación de los mismos, los cuales son procesados a través del método de descomposición de primer orden (FOD, First Order Decoy), que permite obtener la producción de gas metano en los sitios de disposición final, con estimaciones más exactas de las emisiones.

Para el desarrollo de esta metodología, se requiere de una recopilación de datos, los que para el caso de la ciudad de Bogotá, provienen principalmente de la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP), en cuanto a la cantidad de residuos generados en el año 2014, en cada una de sus categorías, comparado con una serie de factores denominados por defecto, proporcionados por la metodología para los países que no cuenten con información específica de su país, además de la necesidad de información relacionada con el tratamiento realizado para la eliminación de los residuos sólidos en el (RSDJ).

Para el año 2014 la (UAESP), reporta una generación de residuos sólidos del orden de 2.355.823 toneladas que llegaron al (RSDJ), de las cuales el 65.48% corresponde a materia orgánica, es decir el residuo que se descompone en menor tiempo al ingresar al lugar de tratamiento, posteriormente con la utilización de los factores por defecto suministrados en la metodología, se calculó que esta cantidad de residuos genera 185.995,36 toneladas de gas metano (CH<sub>4</sub>), las cuales al convertirlas por medio del factor de calentamiento global de 21, la cantidad de CO<sub>2</sub> equivalente generado, arroja un resultado de 3.905.902.7 toneladas de CO<sub>2</sub>-eq, como muestra la tabla 13.

**Tabla 13**

**Emisiones Categoría Residuos Sólidos y Gas Bogotá D.C. año 2014**

Código - Categoría	tCO <sub>2</sub>	tCH <sub>4</sub>	tN <sub>2</sub> O	tCO <sub>2</sub> eq
4D1 Eliminación de Residuos Sólidos	0,00	185,995,36	0,00	3,905,902,56

Fuente: Cálculos Subdirección Estudios Económicos y Fiscales. Contraloría de Bogotá D.C.

Con los resultados del año 2008 de la Secretaría Distrital de Ambiente SDA, presentados en el “*Inventario de Emisiones Gases Efecto Invernadero Bogotá D.C. Línea Base*”, en el que se utilizó la misma metodología, estimó para este módulo una producción de gas metano de 139.690,56 toneladas, con esto se procede de igual manera con el factor de calentamiento global, produciendo 2.933.501,76 toneladas de CO<sub>2</sub>-eq, como lo muestra la tabla 14.

**Tabla 14**

**Emisiones Categoría Residuos Sólidos y Gas Bogotá D.C. Línea Base 2008**

Código - Categoría	tCO <sub>2</sub>	tCH <sub>4</sub>	tN <sub>2</sub> O	tCO <sub>2</sub> eq
4D1 Eliminación de Residuos Sólidos	0,00	139,690,56	0,00	2,933,501,76

Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente SDA.

## 5.2. TRATAMIENTO Y ELIMINACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Según las Directrices del IPCC de 2006 las aguas residuales provienen de fuentes domésticas, comerciales e industriales, pueden tratarse, transferirse por alcantarillado a una instalación central, o eliminarse sin tratamiento en las cercanías o por medio de desagües. Estas aguas pueden ser fuente de emisiones de N<sub>2</sub>O y también de CH<sub>4</sub> cuando se tratan o eliminan en medio anaeróbico (descomposición de materias orgánicas en ausencia de oxígeno). Las Directrices del IPCC no

consideran las emisiones de CO<sub>2</sub> procedentes de las aguas residuales porque son de origen biogénico y no deben incluirse en el total nacional de emisiones<sup>37</sup>.

### 5.2.1. Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales

Las aguas residuales industriales se derivan exclusivamente de las prácticas industriales, las sustancias orgánicas contenidas en estas aguas suelen expresarse en términos de requisito químico de oxígeno COD (del inglés, Chemical Oxygen Demand) y únicamente las que contienen significantes cargas de carbono tratadas bajo condiciones anaeróbicas, producen CH<sub>4</sub>. La estimación del potencial de producción de CH<sub>4</sub> de estos flujos se basa en la concentración de materia orgánica degradable, en su volumen, y en la propensión del sector industrial a tratar sus aguas residuales en sistemas anaeróbicos.

Las Actividades para producción de pulpa y papel, sustancias químicas orgánicas, alcohol, cerveza, almidón y las actividades para el procesamiento de carne y aves (mataderos) y para el procesamiento de alimentos y bebidas, son las principales fuentes de agua residual industrial con alto potencial de producción de gas CH<sub>4</sub>.

La metodología de estimación y la Orientación sobre las buenas prácticas del IPCC, consisten en combinar la información sobre una actividad humana (datos de actividad), con los coeficientes que cuantifican las emisiones o absorciones por actividad unitaria, para determinar los factores de emisión (EF) para todas las categorías. Se debe emplear datos específicos del país y específicos del sector industrial que se puedan obtener a través de las autoridades gubernamentales, organizaciones industriales o peritos industriales.

Sin embargo, cuando estos datos no están disponibles o son incompletos, es una buena práctica utilizar los factores por defecto recomendados por el IPCC, los cuales en combinación con las estadísticas nacionales o internacionales disponibles deben ser viables para todos los países, razón por la cual en seguida se desarrolla la estimación de las emisiones procedentes del agua residual de algunas de las industrias de Bogotá, D.C., utilizando los factores por defecto recomendados en la metodología del IPCC de 2006. En las tablas 15 y 16 se relacionan para 2008 y 2014 algunas industrias de la capital con datos sobre vertimientos industriales de aguas residuales generadas (m<sup>3</sup>/año), y Demanda Química de Oxígeno (Kg DQO/m<sup>3</sup>), que es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar toda la materia orgánica y oxidable presente en un agua residual.

---

<sup>37</sup> “La descomposición de la materia orgánica derivada de las fuentes de biomasa (p. ej., cultivos, madera) es la fuente principal de liberación de CO<sub>2</sub> a partir de desechos. Estas emisiones de CO<sub>2</sub> no están incluidas en los totales nacionales porque el carbono es de origen biogénico y las emisiones netas se contabilizan en el AFOLU” (Sector Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra).

**Tabla 15**

**Inventario de emisiones de gases efecto invernadero de Bogotá D.C. - Línea base 2008**

Razón Social (Nombre Comercial)	Localidad	Caudal Promedio (m3/hora)	Caudal A.R.I. m3/año	DQO (en las aguas residuales) kg/m3	Total materia orgánica degradable kgDQO/año
COMESTIBLES ITALO S.A.	FONTIBÓN	0,33	2.264,37	0,365	826,50
KELLOGG DE COLOMBIA S.A.	FONTIBÓN	0,88	7.620,48	1,900	14.478,91
GASEOSAS COLOMBIANA S.A.	KENNEDY	43,67	327.029,11	1,535	501.989,69
LA ESPERANZA INDUSTRIAL DE ALIMENTOS LTDA	KENNEDY	0,05	151,63	2,048	310,47
CONGELADOS AGRICOLAS S.A. CONGELAGRO	KENNEDY	658,44	5.688.921,60	1,065	6.058.701,50
GASEOSAS LUX S.A	PUENTE ARANDA	89,72	387.602,50	2,258	875.012,63
FRIGOSAN	PUENTE ARANDA	36,00	89.856,00	8,668	778.826,88
COMPañÍA NACIONAL DE LEVADURAS LEVAPAN S.A.	SUBA	13,93	44.136,58	2,758	121.706,61

Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente SDA. 2015

**Tabla 16**

**Contenido de materia orgánica degradable en aguas residuales industriales - año 2014**

Razón Social (Cámara de Comercio)	Localidad	Caudal Promedio (m3/hora)	Caudal A.R.I. m3/año	DQO (en las aguas residuales) kg/m3	Total materia orgánica degradable kgDQO/año
FLOTA LA MACARENA S.A.	FONTIBÓN	0,31	2.674,94	0,03	82,92
INDUSTRIA COLOMBIANA DE CAFE COLCAFE S.A.S.	FONTIBÓN	0,26	756,86	0,65	489,69
LABORATORIOS LEGRAND S.A.	FONTIBÓN	1,94	4.843,24	0,08	398,11
LABORATORIOS LEGRAND S.A.	FONTIBÓN	1,19	2.974,23	0,19	577,00
PEPSICO ALIMENTOS COLOMBIA LTDA.	FONTIBÓN	10,30	29.652,48	0,68	20.015,42
ALAMBRES Y MALLAS S.A. ALMASA	KENNEDY	7,77	9.695,46	0,09	833,81
GASES DEL LLANO S.A. E.S.P. LLANOGAS	LOS MARTIRES	0,13	387,76	0,01	3,88
ARBOFARMA S.A.	PUENTE ARANDA	1,14	2.857,42	1,03	2.943,14
C.I. SOCIEDAD INDUSTRIAL DE GRASAS VEGETALES SIGRA S.A.	PUENTE ARANDA	7,96	68.739,84	0,44	30.520,49
COMPañÍA DE PARTES Y ACCESORIOS S.A.S. COMPAC S.A.S.	PUENTE ARANDA	0,30	143,42	0,05	7,74
ECOPETROL S.A.	PUENTE ARANDA	0,00	0,16	0,04	0,01
LABORATORIOS BUSSIE S.A.	PUENTE ARANDA	1,88	3.961,27	0,05	198,06
LZL ASOCIADOS LTDA.	PUENTE ARANDA	0,20	21,38	0,01	0,13
DISTRIBUIDORA LH TERPEL CARRERA LTDA.	PUENTE ARANDA	0,04	12,96	0,00	0,04
TEXTILES MIRATEX S.A.S.	PUENTE ARANDA	15,32	114.701,18	0,69	78.799,71
TRIMCO S.A.	PUENTE ARANDA	0,20	430,07	0,24	101,93
GRUPO EDS AUTOGAS S.A.S. ANTES AUTOMARKET LTDA.	RAFAEL URIBE	0,02	0,08	0,14	0,01
INVERSIONES JUDI S.A.S.	SUBA	0,01	1,30	0,03	0,03
GENERAL MOTORS COLMOTORES S.A.	TUNJUELITO	15,10	63.790,85	0,06	4.082,61
GENERAL MOTORS COLMOTORES S.A.	TUNJUELITO	16,57	143.140,61	0,07	9.590,42

Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente – SDA Cálculos Subdirección de Estudios Económicos y Fiscales Contraloría de Bogotá D.C. 2015.

Es de anotar que la información disponible de las industrias para 2014, difiere de la dispuesta para la línea base del inventario de emisiones de gases efecto invernadero de Bogotá, D.C.- 2008, por lo tanto los resultados de las emisiones estimadas para los dos años no son comparables en cuanto al comportamiento de dichas emisiones. La categoría 4D2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales, quedó incompleta al no incluir la totalidad de industrias de la capital al momento de conformar la línea base, además, para 2014 la muestra de industrias no incluye ninguna de las industrias disponibles inicialmente.

**Ecuación general para estimar las emisiones de CH<sub>4</sub> procedentes de las aguas residuales industriales:**

$$\text{Emisiones de CH}_4 = \sum_i [ ( TOW_i - S_i ) EF_i - R_i ]$$

Donde:

Emisiones de CH<sub>4</sub> = Emisiones de CH<sub>4</sub> durante el año del inventario, kg de CH<sub>4</sub>/año.

TOW = Total de la materia orgánica degradable contenida en las aguas residuales de la industria i durante el año del inventario, kg de COD/año.

i = Sector industrial.

S<sub>i</sub> = Componente orgánico separado como lodo durante el año del inventario, kg de COD/año.

EF<sub>i</sub> = Factor de emisión para la industria i, kg de CH<sub>4</sub>/kg de COD para la vía o sistema(s) de tratamiento y/o eliminación utilizado(s) en el año del inventario.

R<sub>i</sub> = Cantidad de CH<sub>4</sub> recuperada durante el año del inventario, kg de CH<sub>4</sub>/año

Previo al desarrollo de esta ecuación se hace necesario determinar el factor de emisión (*EF*) que resulta de multiplicar la capacidad máxima de producción de CH<sub>4</sub>, kg de CH<sub>4</sub>/kg de COD (*B<sub>0</sub>*), por el factor de corrección para el metano (*MCF*)<sup>38</sup>, para los cuales según el IPCC es buena práctica utilizar los factores por defecto de 0,25 para *B<sub>0</sub>* y 0,8 para el *MCF*. Así mismo, los factores para *S<sub>i</sub>* y *R<sub>i</sub>* para este nivel de la metodología son cero.

Como resultado de aplicar las ecuaciones y los factores por defecto propuestos por el IPCC de 2006, para calcular las emisiones de CH<sub>4</sub> de las aguas residuales industriales (generadas por 20 industrias para 2014), se obtuvo un total de 29,73 toneladas de CH<sub>4</sub> que corresponden a 624,31 toneladas de CO<sub>2</sub>eq.

Las industrias de la localidad de Puente Aranda, donde se concentra la mayor parte de las empresas del sector industrial de la capital, generaron 472,80 toneladas de CO<sub>2</sub>eq, más de las tres cuartas partes del total de emisiones (75,73%), se destacan Textiles Miratex (53,01%) y Grasas Vegetales SIGRA S.A. (20,53%); en la localidad de Fontibón se calcularon 90,57 tCO<sub>2</sub>eq (14,51%), Pepsico Alimentos Colombia Ltda. generó 84,06 tCO<sub>2</sub>eq (13,47%); en la localidad de Tunjuelito General Motors

<sup>38</sup> El factor de corrección para el metano (*MCF*) es la fracción de los desechos tratados en condiciones anaeróbicas.

Colmotores S.A. emitió 57,43 tCO<sub>2</sub>eq con (9,20%) y en las otras cuatro localidades calculadas (Kennedy, Mártires, Rafael Uribe y Suba) se generó únicamente el 0,56% de tCO<sub>2</sub>eq.

Como ya se mencionó los resultados obtenidos para 2014 y los del cálculo de la línea base no pueden ser comparables, las diferencias son notorias y se muestran en las tablas 17 y 18.

**Tabla 17**

**Emisiones por categoría y gas - Bogotá D.C. Línea Base 2008**

Código - Categoría	tCO <sub>2</sub>	tCH <sub>4</sub>	tN <sub>2</sub> O	tCO <sub>2</sub> eq
4D2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	0,00	1.670,37	0,00	35.077,77

Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente SDA 2015.

**Tabla 18**

**Emisiones por categoría y gas - Bogotá D.C. Año 2014**

Código - Categoría	tCO <sub>2</sub>	tCH <sub>4</sub>	tN <sub>2</sub> O	tCO <sub>2</sub> eq
4D2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	0,00	29,73	0,00	624,31

Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente – SDA. Calculo Subdirección de Estudios Económicos y Fiscales Contraloría de Bogotá D.C.

Las diferencias se pueden explicar por varios motivos, siendo los principales los valores de actividad (cantidad de agua residual industrial y contenido de materia orgánica) propios de cada planta. La línea base contó con información de emisiones de 8 industrias únicamente, y en 2014 se contó con información de 20, sin embargo, en 2008 se estimaron 35.077,77 tCO<sub>2</sub>eq mientras que en 2014 solamente 624,31 tCO<sub>2</sub>eq, esto debido a que para este último año las industrias generaron un Total de materia orgánica degradable kgDQO/año de 148.65, mientras que las industrias de la línea Base 2008 generaron 8.351.853.

Las industrias de la línea Base 2008 en términos generales tuvieron mayor Caudal Promedio (m<sup>3</sup>/hora) y más tiempo de descarga diaria (vertimiento de aguas residuales), por lo que durante el año el Total de materia orgánica degradable fue significativamente superior a la de 2014, lo cual se atribuye básicamente a Congelados Agrícolas S.A., que arrojó 6.058.702 (72,54%) de materia orgánica degradable kgDQO/año en 2008, producto de las actividades para el procesamiento de alimentos precocidos: tamales, arepas, empanadas y tubérculos, (actividades que ejercen mayor generación de agua residual industrial con alto potencial de producción de gas CH<sub>4</sub>).

Cabe resaltar que las emisiones estimadas tanto en la línea Base como en el año 2014, en la categoría Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales, no cubren la mayor parte de los sectores industriales de la capital y por tanto el volumen de aguas residuales orgánicas contabilizado no es representativo, pues en 2008 y 2014 únicamente se estimaron las emisiones de 8 y 20 industrias respectivamente. Según Trabajo realizado por Temática de Industria - DIMPE y la Dirección de Información Geoestadística. DANE noviembre 2006. En Bogotá se contaba con 2.487 establecimientos industriales.

Es decir, con los datos de la información procesada se dificulta determinar tendencias históricas de emisiones, hacer seguimiento a impactos de estrategias destinadas a reducirlas, y utilizar iguales métodos, fuentes y datos para calcular series temporales que puedan compararse, con miras a reformular estrategias y buscar nuevas soluciones para coadyuvar en la mitigación del calentamiento global. La línea Base de 2008 por este concepto quedó incompleta y no se ha adicionado recientemente.

#### **5.2.2. 4D3 Óxido nitroso por aguas servidas humanas en cuerpos de agua**

Las emisiones de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) provienen de plantas de tratamiento o de aguas residuales después de la eliminación de los efluentes en vías fluviales, lagos o en el mar. Según el IPCC 2006 es buena práctica utilizar su método para estimar el N<sub>2</sub>O de efluentes de aguas servidas domésticas que se eliminan en medios acuáticos. Los datos de actividad necesarios para estimar estas emisiones son el contenido de nitrógeno en el efluente de aguas servidas, la población del país, y el promedio anual de generación de proteína per cápita (Kg/persona/año)<sup>39</sup>.

**Ecuación general simplificada para estimar las emisiones de N<sub>2</sub>O procedentes de aguas residuales:**

$$\text{Emisiones de N}_2\text{O} = N_{\text{EFLUENTE}} * EF_{\text{EFLUENTE}} * 44/28$$

Donde:

Emisiones de N<sub>2</sub>O = Emisiones de N<sub>2</sub>O durante el año del inventario, kg de N<sub>2</sub>O/año.

N<sub>EFLUENTE</sub> = Nitrógeno en el efluente eliminado en medios acuáticos, kg de N/año.

---

<sup>39</sup> La generación de proteína per cápita es el consumo, se puede obtener de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

$E_{\text{EFLUENTE}}$  = Factor de emisión para las emisiones de  $\text{N}_2\text{O}$  provenientes de la eliminación en aguas servidas, kg de  $\text{N}_2\text{O}$ /kg de N.

El factor 44/28 corresponde a la conversión de kg de  $\text{N}_2\text{O-N}$  en kg de  $\text{N}_2\text{O}$ .

El factor de emisión por defecto del IPCC 2006 para aguas servidas domésticas con efluentes con nitrógeno es de 0,005 Kg  $\text{N}_2\text{O-N}$ /Kg N, el valor por defecto para la proteína no-consumida descargada en flujos de aguas servidas es de 1,4 y el valor por defecto para las aguas residuales de fuentes industriales o comerciales que se descargan en los alcantarillados es de 1,25.

Para desarrollar la ecuación general se requiere estimar previamente la cantidad total anual de nitrógeno en los efluentes de aguas residuales, kg de N/año, para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

$$N_{\text{EFLUENTE}} = ( P * \textit{Proteína} * F_{\text{NRP}} * F_{\text{NON-CON}} * F_{\text{IND-COM}} ) - N_{\text{LODO}}$$

Donde:

$N_{\text{EFLUENTE}}$  = Cantidad total anual de nitrógeno en los efluentes de aguas residuales, kg de N/año.

P = Población humana.

Proteína = Consumo per cápita anual de proteínas, kg/persona/año.

$F_{\text{NRP}}$  = Fracción de nitrógeno en las proteínas, por defecto = 0,16, kg de N/kg de proteína.

$F_{\text{NON-CON}}$  = Factor de las proteínas no consumidas añadidas a las aguas residuales.

$F_{\text{IND-COM}}$  = Factor para las proteínas industriales y comerciales co-eliminadas en los sistemas de alcantarillado.

$N_{\text{LODO}}$  = Nitrógeno separado con el lodo residual (por defecto = 0), kg de N/año.

El cálculo del consumo de proteína por persona se proyectó para 2014 con base en el reportado por la Dirección de Estadística de la FAO para países, siendo el de Colombia 65 g/persona/día para el período 2005-2007, equivalente a 23,73 kg/persona/año el cual se proyectó para 2014, teniendo en cuenta el

comportamiento del PIB de Bogotá, su población, y la variación % anual del salario mínimo, alcanzando un consumo de 48,13 kg/persona/año (tablas 19 y 20).

**Tabla 19**

**Estimación de nitrógeno en el efluente - Año 2014**

Población (P)	Consumo per cápita de proteína	Fracción de nitrógeno en proteínas (F <sub>NPR</sub> )	Fracción de proteínas no consumidas (F <sub>NON-CON</sub> )	Fracción proteína co-descargada industrial y comercial (F <sub>IND-COM</sub> )	Nitrógeno eliminado con lodos (por defecto es cero) (N <sub>LODO</sub> )	Nitrógeno total en el efluente (N <sub>EFLUENTE</sub> )
7.776.845	48,13	0,16	1,4	1,25	0,00	104.803.874

Fuente: IPCC 2006, Departamento Nacional de Estadística DANE, FAO, Ministerio de Trabajo. Cálculo Subdirección de Estudios Económicos y Fiscales Contraloría de Bogotá D.C.

**Tabla 20**

**Estimación del factor de emisión y emisiones de N<sub>2</sub>O**

Nitrógeno total en el efluente (N <sub>EFLUENTE</sub> ) (kg N/año)	Factor de emisión (kg N <sub>2</sub> O-N/kg N)	Factor conversión de kg N <sub>2</sub> O-N en kg N <sub>2</sub> O 44/28	Emisiones de las plantas de aguas residuales (por defecto = cero) (kg N <sub>2</sub> O -N/año)	Emisiones totales de N <sub>2</sub> O (kg N <sub>2</sub> O -N/año)
104.803.874	0,005	1,57	0,00	823.459

Fuente: IPCC 2006, Departamento Nacional de Estadística DANE, FAO, Ministerio de Trabajo. Cálculo Subdirección de Estudios Económicos y Fiscales Contraloría de Bogotá D.C.

El resultado de aplicar las ecuaciones y los factores por defecto propuestos por el IPCC de 2006, para estimar las emisiones de N<sub>2</sub>O de las aguas servidas humanas en cuerpos de agua, presentó una generación total de 823,46 toneladas de N<sub>2</sub>O equivalentes a 255.272,19 toneladas de CO<sub>2</sub>eq, superiores en 8.500 toneladas a las de la línea base (Tablas 21 y 22).

**Tabla 21**

**Emisiones por categoría y gas - Bogotá D.C. Línea Base 2008**

Código - Categoría	tCO <sub>2</sub>	tCH <sub>4</sub>	tN <sub>2</sub> O	tCO <sub>2</sub> eq
4D3 Óxido nitroso por aguas servidas humanas en cuerpos de agua	0,00	0,00	796,04	246.772,19

Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente - SDA

**Tabla 22**

**Emisiones por categoría y gas - Bogotá D.C. Año 2014**

Código - Categoría	tCO <sub>2</sub>	tCH <sub>4</sub>	tN <sub>2</sub> O	tCO <sub>2</sub> eq
4D3 Óxido nitroso por aguas servidas humanas en cuerpos de agua	0,00	0,00	823,46	255.272,29

Fuente: IPCC 2006, DANE, FAO, Ministerio de Trabajo. Cálculo Subdirección de Estudios Económicos y Fiscales Contraloría de Bogotá D.C.

Si bien la población, el salario mínimo, el PIB y el consumo de proteínas en Bogotá, vinieron incrementándose durante el período 2008-2014 en porcentajes de 10, 42 y 30 respectivamente, las emisiones de CO<sub>2</sub>eq estimadas aumentaron únicamente durante este período en 3,44%.

Al consolidar los resultados del Sector Residuos por categoría y gas se alcanzó un total de 4.161.799,16 tCO<sub>2</sub>eq, el 93,85% aportados por la categoría Sitios gestionados de eliminación de desechos, el 6,13% por la categoría Óxido nitroso por aguas servidas humanas y el 0,02% por Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales (Tabla 23).

**Tabla 23**

**Total Emisiones por categoría y gas del Sector Residuos - Bogotá D.C. Año 2014**

Código - Categoría	tCO <sub>2</sub>	tCH <sub>4</sub>	tN <sub>2</sub> O	tCO <sub>2</sub> eq
4A1 Sitios gestionados de eliminación de desechos	0,00	185.995,36	0,00	3.905.902,56
4D2 Tratamiento y eliminación de aguas residuales industriales	0,00	29,73	0,00	624,31
4D3 Óxido nitroso por aguas servidas humanas en cuerpos de agua	0,00	0,00	823,46	255.272,29
	<b>0,00</b>	<b>186.025,09</b>	<b>823,46</b>	<b>4.161.799,16</b>

Fuente: IPCC 2006, DANE, FAO, Ministerio de Trabajo. Cálculo Subdirección de Estudios Económicos y Fiscales Contraloría de Bogotá D.C.

La mayor parte de emisiones corresponden a gas CH<sub>4</sub>, generadas básicamente en la categoría Sitios gestionados de eliminación de desechos (99,98%); las emisiones de gas N<sub>2</sub>O fueron generadas en su totalidad en la categoría Óxido nitroso por aguas servidas humanas.

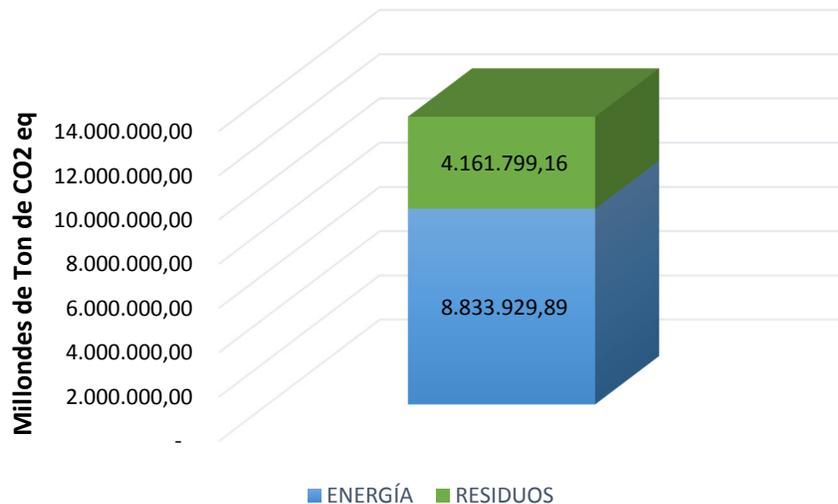
## 6. Huella Total Módulos Energía y Residuos

La Huella de Carbono parcial para la ciudad de Bogotá de los módulos de Energía y Residuos en el año 2014 correspondió a 12.995.729,05 Toneladas de CO<sub>2</sub> Eq de los cuales el 67,98% corresponde al módulo de Energía el 32,02% restante al módulo de residuos. (*Grafica 8*)

La Huella está compuesta en mayor proporción por aportes del módulo de Energía debido a la utilización de combustibles fósiles como fuente de energía en las diferentes industrias y medios de transporte. El componente con menor aporte a la Huella de Carbono corresponde al módulo de residuos, donde a su vez, la producción y disposición de residuos sólidos aporta la mayor cantidad de GEI dentro del éste módulo.

Gráfica 7

Huella Total Módulos Energía y Residuos - Bogotá D.C. Año 2014



Fuente: Subdirección de Estudios Económicos y Fiscales de la Contraloría de Bogotá.

Teniendo como referencia la encuesta multipropósito realizada por la Secretaría Distrital de Planeación para el año 2014, donde la población de la ciudad es de 7.794.463 habitantes, la Huella de Carbono de los módulos de Energía y Residuos por habitante en la ciudad es de 1,67 *Ton CO<sub>2</sub> eq/año*.

## CONCLUSIONES

- Como parte del análisis realizado y tomando como referencia el reporte del Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE-, que para el año 2008 registró una población capitalina de 7.2 millones de habitantes, en comparación con el año 2014 se presenta un aumento del 10%, estimando una población de 7.9 millones de habitantes, este aumento asociado tendencias de consumo y desecho se refleja en mayores índices de contaminación de los recursos naturales, entre ellos el aire, como se evidencia en el aumento de las emisiones generadas en el módulo de Residuos la cual presentó para el 2014 un aumento del 22.74% con relación a la Línea Base correspondiente al año 2008 en la cual se estimó una producción de 3.215.351,72 Toneladas de CO2 eq.
- El cálculo de la Huella de Carbono para la ciudad de Bogotá (Módulos de energía y Residuos) durante la vigencia 2014, correspondió a 13 Millones de Toneladas de CO2, mientras que para la Secretaría Distrital de Ambiente en el año 2008 la estimación fue de 13,7 millones, a pesar de que las condiciones para dicha estimación han cambiado en función de la disponibilidad de la información.
- El módulo de energía aporta el 67,98% en el cálculo de la Huella de Carbono. La quema de combustibles fósiles como el diésel y la gasolina dentro del sector de transporte terrestre aporta la mayor cantidad de emisiones, esto debido a la composición de los mismos.
- El consumo de gas natural en los diferentes sectores de la ciudad presenta patrones de consumo tendientes al aumento, lo cual se refleja en el incremento de las emisiones generadas por el sector residencial en el año 2014 frente a las estimadas por la Secretaría Distrital de Ambiente para el año 2008 en dicho sector.
- El incremento en la participación del módulo de Residuos con el 32,02%, dentro Huella de Carbono, se debe a la cantidad de residuos sólidos generados en la ciudad, en comparación con el “Inventario de Emisiones Gases Efecto Invernadero Bogotá D.C. línea Base”, realizado por la SDA; incremento que evidencia la poca efectividad de una política encaminada a *“reducir, reutilizar o reciclar los desechos”*, con el fin de disminuir la cantidad de residuos sólidos que son dispuestos en el RSDJ.
- A pesar de existir compromisos tanto de orden nacional como internacional con miras a generar una política que permita la reducción de los gases efecto



CONTRALORÍA  
DE BOGOTÁ, D.C.

invernadero - GEI, es poco lo que se ha avanzado hacia este propósito aún con los esfuerzos adoptados por el país; hasta el momento sólo se ha progresado en el desarrollo de normatividad aplicable a este aspecto además de la generación de herramientas que permiten a las Autoridades Ambientales intervenir para evitar el aumento progresivo de generación de dichos gases.