



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS**  
**CARRERA INGENIERIA BIOQUÍMICA**



---

“Inventario de emisiones atmosféricas, de fuentes fijas y móviles basados en datos existentes, de la ciudad de Ambato, año 2015”.

---

Proyecto de Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, previa la obtención del Título de Ingeniero Bioquímico, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato, a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

**AUTOR:** Andrés Darío Lozada Proaño  
**TUTOR:** Ing. Mg. Andrés Sánchez Almeida

Ambato – Ecuador

Octubre – 2016

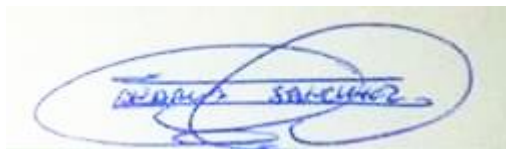
## APROBACIÓN POR EL TUTOR

**Ing. Mg. Miguel Andrés Sánchez Almeida**

### **CERTIFICA:**

Que el presente trabajo de titulación ha sido prolijamente revisado. Por lo tanto, autorizo la presentación de este Trabajo de Titulación modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que responde a las normas establecidas en el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad.

Ambato, 27 de junio del 2016



---

Ing. Mg. Miguel Andrés Sánchez Almeida

C.I. 1803861986

**TUTOR**

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Andrés Darío Lozada Proaño, manifiesto que los resultados obtenidos en el presente Proyecto de Investigación, previo la obtención del título de Ingeniero Bioquímico son absolutamente originales, auténticos y personales; a excepción de las citas.

Ambato, 28 de junio 2016



---

Andrés Darío Lozada Proaño


180434339-8

**Autor**

## APROBACIÓN DE LOS MIEMBROS DE TRIBUNAL DE GRADO

Los suscritos profesores Calificadores, aprueban el presente Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación, el mismo que ha sido elaborado de conformidad con las disposiciones emitidas por la Facultad de Ciencia en Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato.

Para constancia firman:



---

Presidente de Tribunal



---

Ing. Mg. Manolo Alexander Córdova Suárez  
C.I. 180284250-8



---

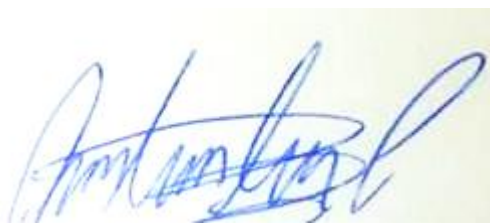
Ing. Mg. Pablo Israel Amancha Proaño  
C.I. 180334186-4

Ambato, 28 de julio de 2016

## DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto de Investigación o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este Proyecto dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción nos suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.



---

Andrés Darío Lozada Proaño

C.I. 180434339-8

**Autor**

## DEDICATORIA

*Dedico mi trabajo de tesis a mi familia. En especial sentimiento de agradecimiento a mis queridos padres, Galo y Rosa, cuyas palabras de aliento me ayudaron a finalizar mi carrera. A mi hermana Joselyn que siempre estuvo a mi lado y me apoyo en todos los momentos difíciles. También dedico esta tesis a mis amigos y familia que me apoyo durante todo el proceso. Siempre voy a apreciar todo lo que han hecho.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Me gustaría especialmente dar las gracias a mi increíble familia que me brindo apoyo y constante estímulo que he recibido sobre todos mis años de estudio. En particular, me gustaría dar las gracias a mis padres y mi hermana. Vosotros sois el motor de mi vida y sin duda no podría haber hecho esto sin ustedes.*

*Me gustaría agradecer al Ing. Santiago Jácome Jefe del Departamento de Gestión Ambiental perteneciente al GADMA a mi tutor Ing. Mg. Andrés Sánchez a mis calificadores de tesis Ing. Mg. Manolo Córdova y al Ing. Mg. Pablo Amacha los cuales a través de este proceso aportaron ideas y comentarios que han sido absolutamente invaluable.*

*A mis compañeros con los cuales inicié y culmine la carrera los cuales siempre me daban palabra de aliento para continuar.*

*Estoy muy agradecido a todos ustedes.*

## ÍNDICE DEL CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>CAPÍTULO I</b> .....	3
<b>EL PROBLEMA</b> .....	3
1.1. Tema de investigación.....	3
1.2. Justificación.....	3
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
<b>CAPÍTULO II</b> .....	5
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	5
2.1. Antecedentes Investigativos.....	5
2.2. Hipótesis.....	7
2.2.1. Hipótesis nula.....	7
2.2.2. Hipótesis alternativa.....	7
2.3. Señalamiento de variables en la hipótesis.....	8
2.3.1. Variable independiente.....	8
2.3.2. Variable dependiente.....	8
<b>CAPÍTULO III</b> .....	9
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	9
3.1. MÉTODOS.....	9
3.1.1. Área de Estudio.....	9
3.1.2. Aplicación de factores de emisión para la ciudad de Ambato.....	11
3.1.3. Información sobre las Cooperativas de Transporte Urbano de la ciudad de Ambato.....	13



Cooperativa de transporte Tungurahua.....	13
Cooperativa de transporte Vía Flores .....	14
Cooperativa de transporte Unión Ambateña.....	14
Cooperativa de transporte Jerpazol.....	15
Cooperativa de transporte Los Libertadores.....	15
3.1.3.1. Emisiones de contaminantes por consumo de diésel Premium, fuentes fijas (calderos a diésel). .....	17
3.1.4. Ecuaciones para realizar los cálculos para Fuentes Móviles .....	17
3.1.4.1. Factores de emisión en vehículos a diésel en caliente .....	17
3.1.4.2. Emisiones NO <sub>x</sub> , CO, COV, PM <sub>10</sub> y PM <sub>2.5</sub> .....	18
3.1.4.3. Emisiones anuales de SO <sub>2</sub> .....	18
3.1.4.4. Las emisiones anuales de CH <sub>4</sub> y N <sub>2</sub> O se valoran mediante la siguiente ecuación.....	19
3.1.4.5. Emisiones de material particulado por desgaste .....	20
3.1.5. Ecuación para realizar los cálculos para Fuentes Fijas .....	21
3.1.5.1. Factores de emisión por la combustión de diésel Premium (lb/1000 galones) (US-EPA, 2004) .....	21
3.1.6. Análisis Estadístico .....	22
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>24</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>24</b>
4.1. Análisis y Discusión de los resultados.....	24
4.2. Estimación de las emisiones anuales .....	25
4.2.1. Óxidos de Nitrógeno (NO <sub>x</sub> ).....	25
4.2.2. Compuestos orgánicos volátiles no pertenecientes al metano (COVNM).....	26
4.2.3. Monóxido De Carbono (CO) .....	26
4.2.4. Compuestos de efecto invernadero.....	27
4.2.5. Partículas Suspendidas.....	27

4.2.6.	Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ).....	27
4.2.7.	Análisis estadístico fuentes móviles .....	31
4.2.7.1.	Análisis de varianza NO <sub>x</sub> .....	32
4.2.7.2.	Análisis de varianza CO .....	32
4.2.7.3.	Análisis de varianza PM <sub>10</sub> .....	33
4.2.7.4.	Análisis de varianza PM <sub>2.5</sub> .....	34
4.2.7.5.	Análisis de varianza compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano.....	34
4.2.7.6.	Análisis de varianza CO <sub>2</sub> .....	35
4.2.7.7.	Pruebas de Tukey para NO <sub>x</sub> , CO, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , COVNM y CO <sub>2</sub> .....	36
4.2.8.	Emisiones atmosféricas producidas por fuentes fijas .....	37
4.2.9.	Análisis estadístico fuentes fijas .....	37
4.2.9.1.	Prueba Chi Cuadrado para el contaminante criterio NO <sub>x</sub> , CO y SO <sub>2</sub> .....	38
4.2.9.2.	Prueba Chi Cuadrado para el contaminante criterio PM <sub>10</sub> .....	39
4.2.9.3.	Prueba Chi Cuadrado para el contaminante criterio PM <sub>2.5</sub> .....	39
4.2.9.4.	Prueba Chi Cuadrado para el contaminante criterio COVNM, CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O y CO <sub>2</sub> .....	40
4.2.10.	Análisis de conglomerados para Fuentes Fijas .....	41
4.3.	Verificación de Hipótesis:.....	41
<b>CAPÍTULO V .....</b>		<b>43</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>43</b>
5.1.	CONCLUSIONES.....	43
5.2.	RECOMENDACIONES: .....	44
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS VI.....</b>		<b>45</b>
<b>ANEXOS.....</b>		<b>48</b>

## INDICE TABLAS

Tabla 1: Tasa de crecimiento poblacional por cantones en la provincia de Tungurahua.....	1
Tabla 2: Estimación de la relación crecimiento poblacional y parque automotor de Ambato. ....	7
Tabla 3: Condiciones fisiográficas de las ciudades de México y Ambato .....	11
Tabla 4: Breve descripción de los estándares EPA y Euro para autobuses urbanos en México.....	12
Tabla 5. Comparación del diésel entre Ecuador y México. ....	13
Tabla 6: Número de buses por año modelo.....	16
Tabla 7. Factores de emisión.....	17
Tabla 8: Propiedades del diésel.....	19
Tabla 9: Factores de Emisiones de material particulado por desgaste.....	20
Tabla 10: Factores de emisión por la combustión de diésel Premium .....	21
Tabla 11. Emisiones totales en la ciudad de Ambato año 2015 (Ton/año) .....	25
Tabla 12. Emisiones totales en la ciudad de Ambato año 2015 (porcentaje) ...	25
Tabla 13: Análisis estadístico para fuentes móviles por año modelo.....	31
Tabla 14: Análisis de varianza para NOx.....	32
Tabla 15: Análisis de varianza para CO.....	33
Tabla 16: Análisis de varianza para PM <sub>10</sub> .....	33
Tabla 17: Análisis de varianza para PM <sub>2.5</sub> .....	34
Tabla 18: Análisis de varianza para COVNM.....	35
Tabla 19: Análisis de varianza para CO <sub>2</sub> .....	35
Tabla 20: Análisis estadístico para fuentes fijas .....	38
Tabla 21: Prueba de Chi Cuadrado NOx, CO y SO <sub>2</sub> .....	39
Tabla 22: Prueba de Chi Cuadrado PM <sub>10</sub> .....	39
Tabla 23: Prueba de Chi Cuadrado PM <sub>2.5</sub> .....	40
Tabla 24: Prueba de Chi Cuadrado COVNM, CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O y CO <sub>2</sub> .....	40
Tabla 25. Empresas seleccionadas .....	49
Tabla 26: Emisiones atmosféricas fuentes móviles por autobús según el año modelo .....	50

Tabla 27. Emisiones atmosféricas fuentes móviles desgaste de neumáticos, pavimento y frenos.....	51
Tabla 28: Prueba de Tukey, NOx por año modelo de transporte publico autobuses .....	52
Tabla 29: Prueba de Tukey, CO por año modelo de transporte publico autobuses .....	52
Tabla 30: Prueba de Tukey, PM <sub>10</sub> por año modelo de transporte publico autobuses .....	53
Tabla 31: Prueba de Tukey, PM <sub>2.5</sub> por año modelo de transporte publico autobuses .....	53
Tabla 32: Prueba de Tukey, COVNM por año modelo de transporte publico autobuses .....	54
Tabla 33: Prueba de Tukey, CO <sub>2</sub> por año modelo de transporte publico autobuses .....	54
Tabla 34: Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de diésel (prueba dinámica)* a partir del año modelo 2000 (ciclos americanos) .....	55
Tabla 35: Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de diésel (prueba dinámica)* a partir del año modelo 2000 (ciclos europeos).....	55
Tabla 36: Límites máximos permisibles de emisiones al aire para fuentes fijas de combustión. Norma para fuentes en operación a partir de enero de 2003 .....	56
Tabla 38: Emisiones por fuentes fijas año 2015. ....	57
Tabla 39: Emisiones de NOx producidas por calderos Ambato .....	68
Tabla 40: Emisiones de CO producidas por calderos Ambato.....	69
Tabla 41: Emisiones de SO <sub>2</sub> producidas por calderos Ambato .....	70
Tabla 42: Emisiones de PM <sub>10</sub> producidas por calderos Ambato.....	71
Tabla 43: Emisiones de COVNM producidas por calderos Ambato .....	72
Tabla 44: Emisiones de PM <sub>2.5</sub> producidas por calderos Ambato.....	73
Tabla 45: Emisiones de CH <sub>4</sub> producidas por calderos Ambato.....	74
Tabla 46: Emisiones de N <sub>2</sub> O producidas por calderos Ambato .....	75
Tabla 47: Emisiones de CO <sub>2</sub> producidas por calderos Ambato .....	76

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cantón Ambato.....	9
Figura 2. Principales categorías de emisión de NOx, CO, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , SO <sub>2</sub> , COVNM y CH <sub>4</sub> por fuentes móviles en la Ciudad de Ambato, 2010. ....	28
Figura 3. Principales categorías de emisión de NOx, CO, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub> , SO <sub>2</sub> , COVNM y CH <sub>4</sub> por fuentes móviles en la ciudad de Ambato, 2015 .....	29
Figura 4. Comparación de las toneladas año producidas por fuentes móviles en el Inventario 2015 con el del 2010 .....	29
Figura 5. Inventario preliminar de las emisiones de contaminantes de aire, del cantón Ambato, año base 2010 de las fuentes fijas.....	30
Figura 6. Emisiones fuentes fijas calderos a diésel inventario de emisiones atmosféricas año 2015.....	30
Figura 7. Comparación de las toneladas año producidas por fuentes fijas en el Inventario 2015 con el del 2010.....	31
Figura 8. Análisis de Conglomerados para Fuentes Fijas.....	58

## RESUMEN

El propósito de esta investigación fue estimar el nivel de contaminación atmosférica producida por el transporte urbano y calderos a diésel en la ciudad de Ambato. Para evaluar las emisiones en fuentes fijas y móviles, se utilizaron las metodologías del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) y de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos (USEPA), ya que la estructura y funcionalidad de estos procesos están diseñados para determinar la cantidad de  $\text{NO}_x$ ,  $\text{COVNM}$ ,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$ . Después de obtener los datos se realizó el análisis descriptivo en EXCEL y el análisis inferencial en INFOSTAT. En las fuentes móviles existen 5 operadoras de transporte masivo urbano con un total de 399 unidades, que emiten 29533,39 toneladas al año de  $\text{CO}_2$  y en las fuentes fijas se trabajó con un total de 23 empresas, las cuales emiten 5290,972 toneladas al año de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), siendo este el contaminante más representativo en ambos casos. Finalmente, se obtuvo información actualizada acerca de las emisiones atmosféricas que se generaron en la ciudad y de esta manera encontrar soluciones para el manejo de la contaminación atmosférica.

**Palabras clave:** Emisiones, fuentes móviles, fuentes fijas, dióxido de azufre, Inventario.

## ABSTRACT

The purpose of this research was to estimate the level of atmospheric pollution caused by urban transport and cauldrons to diesel in the city of Ambato. For evaluate them emissions in sources fixed and mobile, is used them methodologies of the Panel Intergovernmental on change climate (IPCC) and of the Agency of protection of the environment of United States (USEPA), since the structure and functionality of these processes are designed to determine the amount of NOX, other, PM10, PM2.5, CO, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O. After get the data is carried out the analysis descriptive in EXCEL and the analysis inferential in INFOSTAT. There are 5 operators of mass transport a total of 399 units in the mobile sources, which emitted 29533,39 tons per year of CO<sub>2</sub> and fixed sources worked with a total of 23 companies, which emit 5290,972 tonnes per year of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>), this being the most representative in both cases contaminant. Finally, obtained updated information about atmospheric emissions generated in the city and thus find solutions for the management of air pollution.

**Keywords:** Emission, mobile sources, stationary sources, sulphur dioxide, inventory.

## INTRODUCCIÓN:

A partir de la aparición del fuego la humanidad ha contaminado la atmósfera con gases tóxicos y partículas. Desde la utilización del carbón como principal carburante empezó a ser un problema a nivel mundial. Debido al uso de combustibles por la manufactura, la sobrepoblación y por la creación del motor a combustión, la contaminación ha ido en crecimiento en estos últimos años **(Carranza, 2004)**.

La contaminación del aire se da por fuentes naturales como cenizas del proceso volcánico, la quema de bosques y emisiones de gases. La mayor contaminación es producida por métodos antropogénicos, debido a los procesos industriales, domésticos, comerciales, vehículos y la agricultura **(Carranza, 2004)**. En la Tabla 1 se indica el crecimiento poblacional de Ambato desde el 2001 hasta el 2010

**Tabla 1:** *Tasa de crecimiento poblacional por cantones en la provincia de Tungurahua*

<b>Cantón</b>	<b>2001 Personas</b>	<b>2010 Personas</b>
Ambato	287282	329856
Baños	16112	20018
Cevallos	6873	8163
Mocha	6371	6777
Patate	11771	13497
Quero	18187	19205
San Pedro de Pelileo	48988	56573
Santiago de Pillaro	34925	38357
Tisaleo	10525	12137
<b>Total</b>	<b>441034</b>	<b>504583</b>

Fuente: INEC, 2010.



El ritmo de crecimiento de la población del 2001 al 2010 fue de 1,5 %, del 2010 al 2015 se estima un crecimiento de un 2%, lo que significa un incremento de más de 35.200 habitantes en Ambato desde el último censo poblacional, realizado en el año 2010.

El Inventario mejorará la obtención de información acerca de las emisiones atmosféricas y aportará a la estimación de la calidad del aire de la ciudad. Los inventarios de emisiones atmosféricas son herramientas para gestionar el aire, es importante contar con datos veraces para cuantificar los contaminantes emitidos por fuentes de emisión. En nuestro país se induce la elaboración de inventarios de emisiones, en ciudades con poblaciones mayores a 150 000 habitantes **(Ministerio del Ambiente, 2014)**.

# CAPÍTULO I

## EL PROBLEMA

### 1.1. Tema de investigación

“INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS, DE FUENTES FIJAS Y MÓVILES BASADOS EN DATOS EXISTENTES, DE LA CIUDAD DE AMBATO, AÑO 2015”.

### 1.2. Justificación

Muchas formas de contaminación atmosférica afectan a la salud humana y al ambiente en niveles locales hasta globales. Los países industrializados han hecho importantes avances hacia el control de contaminantes en las últimas décadas, pero la calidad del aire es mucho más grave en países en desarrollo y algunos de estos pueden trasladarse rápidamente por todo el mundo (**Jacob, 2013**).

El estudio pretende inventariar las emisiones producidas por fuentes móviles (autobuses urbanos) y fijas (calderos a diésel), con el fin de estimar la cantidad de contaminantes emitidos lo cual servirá como base para la formulación de medidas de mitigación y estrategias de gestión de calidad del aire. Sin embargo, las decisiones de gestión basadas en los inventarios de emisiones deben tener en cuenta algunos factores humanos y naturales tales como diseños de control, meteorología, topografía y clima.

El inventario de emisiones evalúa los siguientes contaminantes: Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVNM), material particulado menor a diez micrones (PM<sub>10</sub>), material particulado menor a 2,5 micrones (PM<sub>2,5</sub>). Se incluye también al monóxido de

carbono (CO) y al dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Finalmente se incluye el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido nitroso (N<sub>2</sub>O).

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo general**

- Elaborar un Inventario de Emisiones Atmosféricas de la ciudad de Ambato, con año base 2015, considerando como fuentes de emisión fijas y móviles.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Catastrar las emisiones atmosféricas presentes en la ciudad de Ambato.
- Determinar los niveles de contaminación atmosférica presentes en la ciudad de Ambato, por fuentes móviles (autobuses urbanos) y fuentes fijas (calderos a diésel).
- Utilizar algoritmos ingenieriles y matemáticos con el fin de calcular los datos de emisión.
- Obtener información actualizada de las emisiones atmosféricas de la ciudad de Ambato, para la toma de decisiones en cuanto al manejo de la contaminación.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes Investigativos

En Países como Colombia, México y Chile reportan inventarios de emisiones atmosféricas realizados con los mismos estándares para este inventario. En la Ciudad de México indican que el aumento de la contaminación ambiental se debe al incremento del parque automotor y al sector industrial **(Facio, 2010)**.

Las personas que viven en la República del Ecuador tienen derecho a tener un medio ambiente sano y amigable, manteniéndose la sostenibilidad ambiental. Permitiendo la conservación del entorno; las principales fuentes de contaminación son antropogénicas, industrias, transporte, combustibles, minería entre otras **(Hernández, Encalada & Molina, 2010)**.

En Ecuador se han realizado algunos inventarios de emisiones atmosféricas, en la ciudad de Quito se han hecho varios estudios por varios años consecutivos en el cual se reportan emisiones para dióxido de azufre, material particulado, compuestos orgánicos volátiles, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, óxido nitroso y metano, la cantidad de emisiones por contaminantes van en aumento de acuerdo al número de personas que incrementa exponencialmente cada año **(Zambrano, Enríquez, Cáceres, Baca & Betancourt, 2012)**.

Las fuentes a ser evaluadas en el inventario son: Las Fuentes Móviles que abarcan al transporte terrestre o maquinaria que tenga movilidad y genere algún tipo de emisión que contamina el aire por procesos de combustión y las Fuentes Fijas que generan contaminación atmosférica por la quema de combustibles

derivados de petróleo, estas incluyen a las industrias y servicios (**Espi & Molina, 2003**).

**Ruiz, Héctor, Manzano & López (2013)** afirman que “El 12% de la población que vive en ciudades respira aire limpio, y la mitad cohabita con una polución 2,5 veces mayor que los niveles recomendados por la organización mundial de la salud”.

La ciudad de Ambato al ser una ciudad industrializada e influenciada por la actividad del volcán Tungurahua, muestra la necesidad de un programa integral de monitoreo y control del aire. El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipalidad de Ambato y su Departamento de Higiene y Ambiente cuentan con un estudio de diagnóstico relacionado a las emisiones de contaminantes por fuentes fijas ejecutado en el 2011 (**Bustillos, 2011**).

El **Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2012)** indica que el diésel es un combustible que se deriva del petróleo el cual está constituido básicamente por hidrocarburos puede contener otros compuestos como azufre, compuestos metálicos y nitrógeno.

Ambato se encuentra entre las cinco ciudades con mayor importancia en nuestro país, es una potencia para la economía del Ecuador debido al comercio y a la gran cantidad de industrias, a continuación, en la Tabla 2 se hace una relación entre el crecimiento poblacional y el parque automotor hasta el 2018.

**Tabla 2:** *Estimación de la relación crecimiento poblacional y parque automotor de Ambato.*

Año	Parque automotor estimado	Estimación crecimiento poblacional	Relación Habitantes/vehículo
2012	51531	341166	7
2013	54647	346966	6
2014	57770	352865	6
2015	60899	358863	6
2016	64031	364964	6
2017	67167	371168	6
2018	70307	377478	5

Fuente: Vintimilla, 2015.

Según el **Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2010)** indica que Ambato posee 27 parroquias con una población de 356,009 habitantes. Dentro de la ciudad circulan 399 buses urbanos al día, las cooperativas que se encuentran en vigencia son las siguientes: Tungurahua, Unión Ambateña, Libertadores, Vía Flores y Jerpazol.

## 2.2. Hipótesis

### 2.2.1. Hipótesis nula

Las emisiones atmosféricas producidas por Fuentes Fijas y Móviles no afectan los niveles de contaminación en la ciudad de Ambato.

### 2.2.2. Hipótesis alternativa

Las emisiones atmosféricas producidas por Fuentes Fijas y Móviles afectan los niveles de contaminación en la ciudad de Ambato.

## **2.3. Señalamiento de variables en la hipótesis**

### **2.3.1. Variable independiente**

- Buses urbanos
- Calderos a diésel

### **2.3.2. Variable dependiente**

- Emisiones atmosféricas

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. MÉTODOS

Para el cantón Ambato el método de cálculo que se usó como base para estimar las emisiones de las fuentes fijas y móviles, fue el de factores de emisión, ya que la estructura y funcionalidad del método está diseñada para las características que presenta el área de estudio. Siendo el primer estudio a este nivel que se realiza en el Cantón.

##### 3.1.1. Área de Estudio

El **INEC (2010)** informa que la ciudad de Ambato se encuentra ubicada en la provincia de Tungurahua, en la región sierra centro, cuenta con una superficie de 46 Km<sup>2</sup>, se localiza a 2693 metros sobre el nivel del mar y su población es de 329.856 habitantes.



Figura 1: Cantón Ambato.



El presente trabajo se focalizó en la estimación de las emisiones atmosféricas del cantón Ambato. El estudio se realizó con base en información existente la cual se obtuvo del INEC del año 2015, visitas a empresas y de la Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad Ambato. La información sobre el consumo de diésel en las industrias proviene de la Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero, en concordancia también con el consentimiento propio de los responsables de cada industria. Esta información permitió realizar el análisis de los resultados.

El Inventario de Emisiones atmosféricas se desarrolló siguiendo la Metodología del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) y de la Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos (USEPA) para estimar las emisiones antropogénicas de los gases de efecto invernadero.

Para el estudio se consideró dos categorías: fuentes móviles (autobuses urbanos) y fuentes fijas (calderos a diésel). Posteriormente se realizó el cálculo de emisiones de los siguientes contaminantes:  $\text{NO}_x$ , COVNM,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{PM}_{2.5}$ , y los compuestos de efecto invernadero:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{N}_2\text{O}$ . Cálculos que permitieron estimar los niveles de contaminación de fuentes fijas y móviles por contaminantes emitidos en la ciudad de Ambato.

Para la toma de decisiones en cuanto a los niveles de contaminación por fuentes móviles de esta ciudad se comparó con la Normativa NTE INEN 2207 (2002) límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de diésel, de la misma manera para las fuentes fijas se utilizó el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Libro VI, Anexo 3 de la Norma de emisiones al aire desde fuentes fijas. Tablas 34, 35 y 36 (Anexo D).

### 3.1.2. Aplicación de factores de emisión para la ciudad de Ambato

Para la estimación de las emisiones por fuentes fijas, se utilizó los Factores de Emisión publicados en el documento AP-42 por la EPA (2004) y de la IPCC (2006) ya que no se cuenta con información propia de la ciudad y la única manera para poder estimar estos datos fue a través de este procedimiento. De igual manera para las fuentes móviles no se encontró información referente a los factores de emisión y debido a que la misma USEPA establece que no es recomendable utilizar los datos que ellos proporcionan para ciudades en vías de desarrollo, se procedió a usar la información de la ciudad de México del inventario realizado en el año 2012. Ciudades como Latacunga, Quito y Cuenca utilizaron estos factores de emisión para la elaboración de sus inventarios, debido a las características fisiográficas que presenta esta ciudad.

A continuación, en la tabla 3 se observan las características meteorológicas y geográficas de la ciudad de México y Ambato.

**Tabla 3:** Condiciones fisiográficas de las ciudades de México y Ambato

PARÁMETROS	MÉXICO	AMBATO
Altura (msm)	2308	2693
Clima	Templado	Templado
Temperatura (°C)	16,6	18
Humedad Relativa (%)	59,67	71,9

Fuente: Sánchez & Mantilla, 2015; Albanil & Pascual, 2015

En el Ecuador la normativa vigente para la tecnología de autobuses es la Euro II, pero en los últimos años se obliga a que este tipo de transporte al menos cumpla con la norma Euro III de emisiones. En México las tecnologías para el

control de vehículos pesados a diésel es la NOM-044 la cual se basa en la norma Euro y EPA.

A continuación, en la Tabla 4 se compara los estándares EPA y Euro para autobuses.

**Tabla 4:** Breve descripción de los estándares EPA y Euro para autobuses urbanos en México.

País	Estándar	Año	Requerido en México	NOx (g/kWh)	PM (g/kWh)	Filtro	Combustible (ppm azufre)
Estados Unidos	EPA 1991	1991	1993	6,7	0,34		2500
	EPA 1994	1994	1994	6,7	0,13		500
	EPA 1998	1998	1998	5,4	0,13		500
	EPA 2014	2002	2008	2,7	0,13		500
	EPA 2007	2007		1,6	0,013	X	15
	EPA 2010	2010		0,27	0,013	X	15
Europa	EURO I	1992		8	0,36		2000
	EURO II	1996		7	0,25		500
	EURO III	2000	2006	5	0,16		350
	EURO IV	2005	2008	3,5	0,03		50
	EURO V	2008		2	0,03		10
	EURO VI	2013		0,4	0,01	X	10

**Fuente:** Blumberg, Posada & Miller, 2014.

A continuación, en la Tabla 4 se reporta la comparación del diésel entre Ecuador y México.

**Tabla 5.** Comparación del diésel entre Ecuador y México.

<b>CALIDAD DEL DIÉSEL</b>	<b>ECUADOR</b>	<b>MÉXICO</b>
<b>Origen geográfico</b>	Oriente Ecuatoriano	Costa Mexicana
<b>Crudo utilizado para refinar el Diésel</b>	pesado 25 grados API	liviano 36.5 grados API
<b>Número de procesos de refinación del Diésel</b>	1	-----
<b>Cantidad de Azufre en Diésel (ppm)</b>	500 (Premium)	500 (Pemex)
<b>Índice de cetano mínimo</b>	52	53
<b>Contenido de Biodiesel</b>	del 0 al 5%	del 3 al 5%
<b>Temperatura de destilación al 90%</b>	360 °C	359 °C
<b>Viscosidad a 40°C</b>	2 a 5 mm <sup>2</sup> /seg	1,9 a 4,1 mm <sup>2</sup> /seg

**Fuente:** Herrera, S., Herrera, J. & Ramos, 2006; Castillo, Mendoza & Caballero, 2012; y Ortiz, 2014.

### **3.1.3. Información sobre las Cooperativas de Transporte Urbano de la ciudad de Ambato**

Según la **Dirección de Tránsito, Transporte y Movilidad (DTTM, 2016)** el recorrido promedio anual del transporte público urbano en vehículos menores a 1990 es de 75.000 kilómetros año en modelos mayores al año 2000 el recorrido promedio anual es 90.000 km año. Para satisfacer las necesidades del cantón Ambato en cuanto a transporte público, se cuenta con cinco cooperativas de servicio urbano masivo las cuales son:

#### **Cooperativa de transporte Tungurahua**

La cooperativa de transporte Tungurahua posee 149 unidades las cuales circulan diariamente por toda la ciudad cubriendo 14 rutas que son las siguientes:  
- Línea Ingahurco – Miraflores

- Línea Ingahurco – San Antonio
- Línea Terremoto – Totoras – Ficoa
- Línea Atocha – Letamendí
- Línea Pinllo – Nuevo Ambato
- Línea San Juan – Centro
- Línea Huachi el Progreso – Izamba, Línea Colinas del Sur – Quillan Alto (Izamba)
- Línea Martínez Atahualpa – Mayorista
- Línea Cunchibamba - Tiugua
- Línea Constantino Fernández - Centro
- Línea Redondel Juan Montalvo - Ingahurco,
- Línea Huachi la Libertad - Centro

#### **Cooperativa de transporte Vía Flores**

La cooperativa de transporte Vía Flores, cuenta con 44 unidades las cuales deben realizar el recorrido de tres rutas las cuales son:

- Línea Juan B. Vela – La Concepción – Redondel de Izamba
- Línea Shuyurco – Ciudadela Militar – Redondel de Izamba
- Línea Ambato – San Pablo – Cuatro Esquinas – Angaguana Alto – El Tope

#### **Cooperativa de transporte Unión Ambateña**

La cooperativa de transporte Unión Ambateña cuenta con 87 unidades que circula por 9 rutas las cuales son:

- Línea La Joya – Pisque
- Línea Atocha – Letamendi
- Línea Ingahurco – Miraflores
- Línea Picaihua – Jardín Ambateño
- Línea Pinllo – Nuevo Ambato
- Línea Ingahurco – San Antonio
- Línea Terremoto – Totoras – Ficoa

### **Cooperativa de transporte Jerpazol**

Esta cooperativa de transporte cuenta con 53 unidades y solo con 2 recorridos que atraviesan toda la ciudad:

- Línea Los Ángeles – Izamba
- Línea Huachi Grande – Manzana de Oro – Puerto Arturo

### **Cooperativa de transporte Los Libertadores**

La cooperativa de transporte Los Libertadores cuenta con 66 unidades que cubren 5 rutas que son las siguientes:

- Línea Las Orquídeas – La Península
- Línea Seminario – San Pedro la Florida – Ingahurco Bajo
- Línea Techo Propio – Mercado Modelo – Andiglata
- Línea Cashapamba – La Florida 4 Esquinas
- Línea Tangaiche – Macasto – Pondoá

En la Tabla 5 se indica el número de autobuses por cooperativa según el año modelo.

**Tabla 6:** *Número de buses por año modelo*

<b>COOPERATIVAS TRANSPORTE PÚBLICO</b>	1976	1998	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	TOTAL
	<b>Tungurahua</b>	0	1	3	3	21	7	14	12	15	10	3	3	5	1	14	28	9
<b>Vía Flores</b>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	5	15	9	11	<b>44</b>
<b>Unión Ambateña</b>	0	0	1	7	3	10	3	4	6	2	1	6	4	4	13	6	17	<b>87</b>
<b>Jerpazol</b>	1	0	0	0	0	1	0	0	1	2	0	5	2	12	11	7	11	<b>53</b>
<b>Liberadores</b>	0	0	2	2	16	4	7	5	2	3	0	2	4	1	0	7	11	<b>66</b>

Fuente: DTTM, 2016.

### 3.1.3.1. Emisiones de contaminantes por consumo de diésel Premium, fuentes fijas (calderos a diésel).

Para este estudio se procedió a visitar y buscar información de las empresas citadas en la Tabla 25 (ANEXO A), las cuales se tomó en cuenta ya que en el año 2011 se realizó un estudio sobre contaminantes en el aire en la ciudad de Ambato emitidos por fuentes fijas (Bustillos, 2011).

### 3.1.4. Ecuaciones para realizar los cálculos para Fuentes Móviles

#### 3.1.4.1. Factores de emisión en vehículos a diésel en caliente

**Tabla 7.** Factores de emisión

Año bus	NOx (g/km)	CO (g/km)	PM <sub>10</sub> (g/ km)	PM <sub>2.5</sub> (g/km)	COVNM (g/km)	CH <sub>4</sub> (kg/TJ)	N <sub>2</sub> O (kg/TJ)	CO <sub>2</sub> (g/km)
1976	4,510	26,3	0,396	0,353	3,441	5000	600	598,26
1998	4,560	14	0,354	0,316	2,677	5000	600	768,06
2002	4,180	13,7	0,291	0,26	2,645	5000	600	771,04
2003	4,090	13,6	0,291	0,26	2,637	5000	600	777,63
2004	3,99	13,5	0,291	0,26	2,628	5000	600	784,15
2005	3,89	13,4	0,291	0,26	2,618	5000	600	790,18
2006	3,8	13,4	0,291	0,26	2,609	5000	600	796,77
2007	3,72	13,3	0,291	0,26	2,6	5000	600	802,55
2008	3,69	13,2	0,291	0,26	2,591	5000	600	804,35
2009	3,59	13,1	0,291	0,26	2,582	5000	600	811,31
2010	3,43	13	0,291	0,26	2,573	5000	600	819,02
2011	3,29	12,9	0,221	0,198	2,563	5000	600	827,6
2012	3,19	12,9	0,221	0,198	2,556	5000	600	833
2013	3,14	12,8	0,221	0,198	2,542	5000	600	837,83
2014	3,044	12,7	0,221	0,198	2,532	5000	600	843,86
2015	2,948	12,6	0,221	0,198	2,522	5000	600	849,9
2016	2,852	12,5	0,221	0,198	2,512	5000	600	855,94

Fuente: Mancera, Müller, & Sarmiento, 2012.



### 3.1.4.2. Emisiones NOx, CO, COV, PM10 y PM2.5

Las emisiones anuales en caliente de NOx, CO, CO<sub>2</sub>, COV, PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> se valoran mediante la siguiente ecuación:

$$E_r^{i\text{caliente}} = \frac{Nveh_r * Drec_r * FE_r^i}{1000000}$$

(Ecuación 1)

Donde:

- **Nveh<sub>r</sub>**: Número de autos de la clase r según año modelo
- **Drec<sub>r</sub>**: Trayecto media anual transitada por los vehículos clase r (km/a).
- **FE<sub>r</sub><sup>i</sup>**: Factor de emisión del contaminante i, para el autobús de clase r (g/km).
- **r**: Clase de autobús según el año creado.
- **i**: Contaminante (NOx, CO, COV, PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>).
- **E<sub>r</sub><sup>icaliente</sup>**: Emisión en caliente del contaminante i causada por los autobuses (t/a).

### 3.1.4.3. Emisiones anuales de SO<sub>2</sub>

Las emisiones anuales en caliente de SO<sub>2</sub> se valoran mediante la siguiente ecuación:

$$E_r^{SO_2} = \frac{0,00378 \frac{Nveh_r}{CC_r} * Den * S}{1000}$$

(Ecuación 2)

Donde:

- **E<sub>r</sub><sup>SO<sub>2</sub></sup>**: Emisión de SO<sub>2</sub> de los vehículos r (t a<sup>-1</sup>)
- **S**: Contenido de azufre del diésel (%)
- **Nveh<sub>r</sub>**: Número de autobuses de la clase r según el año creado.
- **CC<sub>r</sub>**: consumo de diésel por trayecto transitado (galón/km) para los autobuses.
- **Den**: Densidad del diésel (kg/m<sup>3</sup>).

**Tabla 8: Propiedades del diésel.**

Propiedades	Diésel
Contenido de azufre (%)	0,45
Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	845
Poder calorífico inferior (TJ/Gg)	43,3
Factor de emisión CO <sub>2</sub> (kg/TJ)	74800
Factor de emisión CH <sub>4</sub> (kg/TJ)	9,5
Factor de emisión NO <sub>2</sub> (kg/TJ)	12

Fuente: ARCH, 2014; Gómez & Watterson, 2006.

**3.1.4.4. Las emisiones anuales de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O se valoran mediante la siguiente ecuación:**

$$E_r^i = \frac{0.00378 \frac{Nveh_r}{CC_r} * Den * PCI * FE_r^i}{100000000}$$

**(Ecuación 3)**

**Donde:**

- **r:** categoría del autobús según el año creado.
- **E<sub>r</sub><sup>i</sup>:** Emisión del diésel (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) de los autobuses (t/a)
- **Nveh<sub>r</sub>:** Número de autobuses de la clase r según el año creado.
- **CC<sub>r</sub>:** consumo de diésel distancia transitada (galón/km) para los autobuses.
- **Den:** Densidad del diésel (kg/m<sup>3</sup>).
- **PCI:** Poder calorífico inferior del diésel (TJ/Gg).
- **FE<sub>r</sub><sup>i</sup>:** Factor de emisión del diésel (kg/TJ)

### 3.1.4.5. Emisiones de material particulado por desgaste

Estas emisiones, conciernen a material particulado que se forma por el deterioro de los neumáticos, frenos y de la superficie del asfalto.

Las fórmulas para emisiones en caliente son las mismas que se ocuparan para las emisiones por desgaste con algunas variantes. Las Emisiones anuales de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$E_r^{caliente} = \frac{Nveh_r * Drec_r * FE_r^i}{1000000}$$

(Ecuación 4)

Donde:

- Nveh<sub>r</sub>: Número de autobuses de la clase r según año creado
- Drec<sub>r</sub>: Distancia media anual transitada por los autobuses clase r (km/a).
- FE<sub>r</sub><sup>i</sup>: Factor de emisión del contaminante i, para el autobús de clase r (g/km).

**Tabla 9:** Factores de Emisiones de material particulado por desgaste

Tipos de desgaste	Bus
Desgaste de neumáticos, PM10	18,56
Desgaste de pavimento, PM10	26,90
Desgaste de Frenos PM 2,5	32,25

Fuente: US-EPA, 2004; Gómez & Watterson, 2006.

### 3.1.5. Ecuación para realizar los cálculos para Fuentes Fijas

#### 3.1.5.1. Factores de emisión por la combustión de diésel Premium (lb/1000 galones) (US-EPA, 2004)

**Tabla 10:** Factores de emisión por la combustión de diésel Premium

Contaminante	Factor de emisión (lb/1000 galones)
NOx	24
CO	5
SO <sub>2</sub>	63,9
PM <sub>10</sub>	2.3
PM <sub>2,5</sub>	1,55
COVNM	399,22
CH <sub>4</sub>	0,058
CO <sub>2</sub>	22830
NO <sub>2</sub>	0,64

Fuente: US-EPA, 2004; Gómez & Watterson, 2006.

**Modelo de emisiones:** Las emisiones anuales de contaminantes a partir del consumo de Diésel Premium, se calculan mediante la ecuación:

$$E_j^i = \frac{FE_j * ConDie}{2204000}$$

(Ecuación 5)

**Dónde:**

- Los parámetros: i es el eje industrial o comercial e institucional j es el contaminante (NOx, CO, PM10, PM2,5)
- $E_j^i$ : emisión anual del contaminante j producido por el centro i (t a<sup>-1</sup>)
- $FE_j$ : Factor de emisión del contaminante j (lb/1000gal)
- **ConDie**: consumo de Diésel Premium (gal/a)

### 3.1.6. Análisis Estadístico

Para el análisis de los contaminantes emitidos por fuentes móviles se utilizó un diseño de bloques completamente aleatorizados con n diferentes que permitió separar los efectos de las cooperativas de los efectos del año modelo; así como la separación de esos dos efectos para el error aleatorio. El modelo lineal apropiado para tal situación es:

$$y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \varepsilon_{ij} \quad i = 1 \dots n; j = 1 \dots k$$

**(Ecuación 6)**

**Donde:**

$Y_{ij}$  = observaciones en el i-ésimo año modelo (bloque) y j-ésima cooperativa.  
 $\mu$  = promedio global para todas las observaciones.  
 $\beta_i$  = efecto del i-ésimo año modelo (bloque).  
 $\tau_j$  = efecto del j-ésima cooperativa.  
 $\varepsilon_{ij}$  = variables aleatorias independientes

Para el caso de las fuentes fijas se comprobó la hipótesis nula mediante la prueba no paramétrica de Chi cuadrado, la cual es la suma de las fracciones que tiene como numerador el cuadrado de las diferencias entre las frecuencias reales u observadas y las frecuencias teóricas o esperadas; y como denominador la frecuencia esperada. El modelo utilizado es:

$$x^2 = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

**(Ecuación 7)**

**Donde:**

E = frecuencias esperadas.  
O = frecuencias observadas.

Los resultados obtenidos del inventario de emisiones atmosféricas en la ciudad se tabularon con la aplicación Microsoft Excel para luego ser analizados con el software de análisis estadístico Infostat que permitió mediante el análisis de varianza (ANOVA) y Chi Cuadrado una correcta apreciación de los resultados del estudio para aceptar o rechazar las hipótesis propuestas.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Análisis y Discusión de los resultados

Para este estudio se analizó 399 autobuses urbanos como fuentes móviles y 23 calderos a diésel como fuentes fijas; mediante las cuales se estimó el número de emisiones para gestionar la calidad del aire en la ciudad de Ambato.

Las fuentes fijas y móviles fueron basados según datos existentes de la ciudad de Ambato del año 2015, de los cuales se estimó y analizó de manera conjunta los contaminantes y los compuestos de efecto invernadero que se generan en el cantón, esto permitió tener una respuesta más extensa y completa de cómo mejorar la calidad del aire de la urbe y al mismo tiempo tener la mayor ayuda en la reducción de estos contaminantes.

En el caso de las fuentes fijas se incluyó las industrias ubicadas dentro de la ciudad, de las cuales se realizó el cálculo individual de sus emisiones contaminantes.

Según la investigación realizada por **Bustillos (2011)**, se tomó en consideración las siguientes industrias e instituciones: Bioalimentar, Ceticuero, Curtiduría Aldás, Curtiduría Hidalgo, Nagón Cueros, Curtiembre Producción Cuero, Curtipiel Martínez, Curtiduría Tungurahua, Camal Ambato, Tenería Díaz, Textiles Industriales Ambateños S.A., Industrias Licoreras Asociadas S.A., Unidad Educativa Bolívar, Esforse Ambato, Tenería Aga, Lavanderías Nacionales, Lavatintex, Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social Ambato, Pastificio Ambato, Planhofa, Plasticaucho, Promepell, Suiza Dajed. Para ello fue

pertinente constatar la presencia de calderos mediante visitas técnicas y además se obtuvo el dato del consumo de diésel Premium de los mismos.

A continuación, en la Tabla 11 se indican las emisiones de cada uno de los contaminantes y el total que emitió las fuentes móviles y fijas.

**Tabla 11.** Emisiones totales en la ciudad de Ambato año 2015 (Ton/año)

Tipo de Fuentes	NOx	CO	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	SO <sub>2</sub>	COVNM	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
Fuentes Móviles	120,92	466,57	12,29	10,61	21,21	92,09	10,21	1,22	29533,4
Fuentes Fijas	5,56	1,16	0,53	0,36	14,81	92,52	0,01	0,15	5290,97
<b>Total</b>	<b>126,48</b>	<b>467,73</b>	<b>12,82</b>	<b>10,96</b>	<b>36,02</b>	<b>184,61</b>	<b>10,22</b>	<b>1,37</b>	<b>34824,37</b>

Para tener una estimación en porcentaje para cada uno de los contaminantes, se calculó su porcentaje como se indica en la Tabla 12.

**Tabla 12.** Emisiones totales en la ciudad de Ambato año 2015 (porcentaje)

Tipo de Fuentes	NOx	CO	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	SO <sub>2</sub>	COVNM	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
Fuentes Móviles	96	100	96	97	59	49	100	89	85
Fuentes Fijas	4	0	4	3	41	51	0	11	15
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

## 4.2. Estimación de las emisiones anuales

### 4.2.1. Óxidos de Nitrógeno (NOx)

Según la **Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades (2012)** indica que los óxidos de nitrógeno son generados en su mayoría por el tubo de escape de las fuentes móviles, el contacto con estos gases puede producir irritación a los ojos, nariz y garganta. En la ciudad de Ambato las fuentes



móviles emitieron la mayor cantidad de NOx con un total de 126,48 toneladas al año, los autobuses contribuyeron con el 96% de la contaminación y el 4% restante correspondió a las fuentes fijas.

#### **4.2.2. Compuestos orgánicos volátiles no pertenecientes al metano (COVNM)**

**Mendoza (2013)** establece que los compuestos orgánicos volátiles no pertenecientes al metano son compuestos formados principalmente por hidrocarburos, los principales emisores son el sector del transporte, los procesos de combustión para la generación de energía, pero la principal, proviene del uso de disolventes, pinturas y aerosoles la inhalación de estos contaminantes pueden ser causantes del cáncer. En la ciudad de Ambato se emitió 184,61 toneladas al año de COVNM de las cuales el 50% corresponde a las fuentes fijas relacionados al sector industrial y el otro 50% corresponde a las fuentes móviles.

#### **4.2.3. Monóxido De Carbono (CO)**

**Carnicer (2007)** asegura que el monóxido de carbono es un gas tóxico, la inhalación excesiva de este compuesto puede provocar la muerte ya que, al combinarse con la sangre, disminuye la capacidad de transporte de oxígeno de los pulmones a las células del organismo. En la ciudad de Ambato este compuesto se emitió casi en su totalidad por las fuentes móviles, siendo los principales emisores los autobuses los cuales generaron 466,57 toneladas al año, representando el 99,8% del total de las emisiones producidas.

#### 4.2.4. Compuestos de efecto invernadero

Los principales gases de efecto invernadero (GEI) son el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), el metano ( $\text{CH}_4$ ) y el óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). El dióxido de carbono emitió 34834,67 toneladas al año, el metano generó 10,2 toneladas al año y el óxido nitroso 1,37 toneladas, las cuales provienen principalmente de la combustión del diésel en el transporte urbano y de los calderos del sector industrial y empresarial.

#### 4.2.5. Partículas Suspendidas

Las partículas de tamaño de 10 y 2,5 micras son generadas principalmente por los vehículos a diésel, las inhalaciones de estas partículas generan graves daños en las vías respiratorias (**Arciniegas, 2012**). La mayor cantidad de emisiones de partículas suspendidas se emitió por las fuentes móviles, el 96% equivale a 12,29 toneladas al año de  $\text{PM}_{10}$  y el 97% a 10,61 toneladas al año de  $\text{PM}_{2,5}$ .

#### 4.2.6. Dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ )

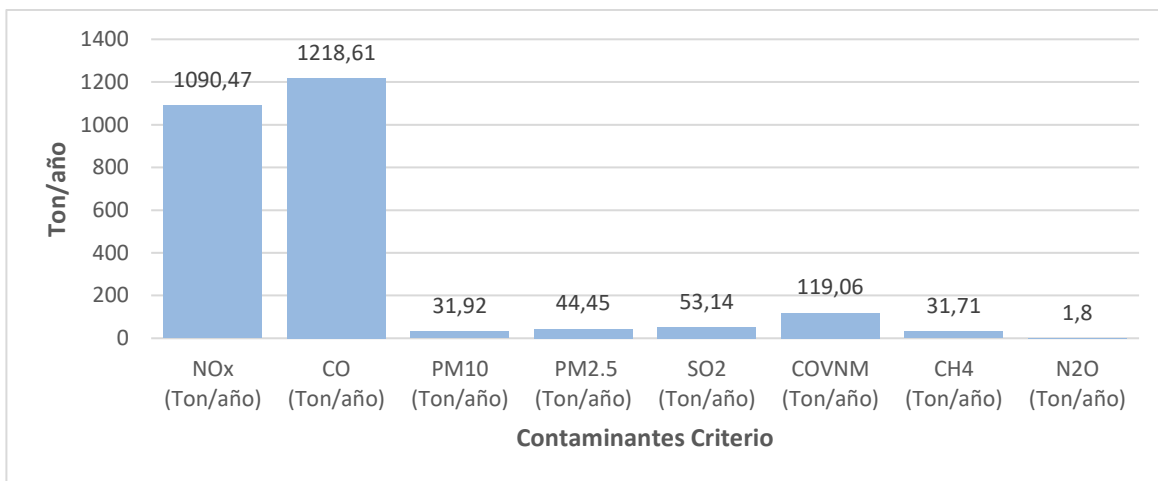
**Mancera, Müller, & Sarmiento (2012)** refieren que la contaminación en el aire producida por el dióxido de azufre en la ciudad de México es de 4.578 toneladas por año producida por fuentes móviles y fijas, por esta razón en esta ciudad se producen lluvias ácidas lo que provoca irritación en la piel de los habitantes. En Ambato el total de emisiones que se emitió de  $\text{SO}_2$  es de 36,02 toneladas al año, los autobuses representan el 59% del total y el sector industrial el 41%.

Al comparar los resultados de las fuentes móviles con la norma NTE INEN 2207 se estimó que los niveles de contaminación atmosférica de monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno son bajos, en promedio los autobuses urbanos emitieron 12,98 gramos por kilómetro de CO y 3,35 gramos por kilómetro de NOx. En cambio, las partículas de tamaño 10 y 2,5 generaron en promedio 0,34 y 0,29 gramos por kilómetro respectivamente siendo estos los valores más altos. Para

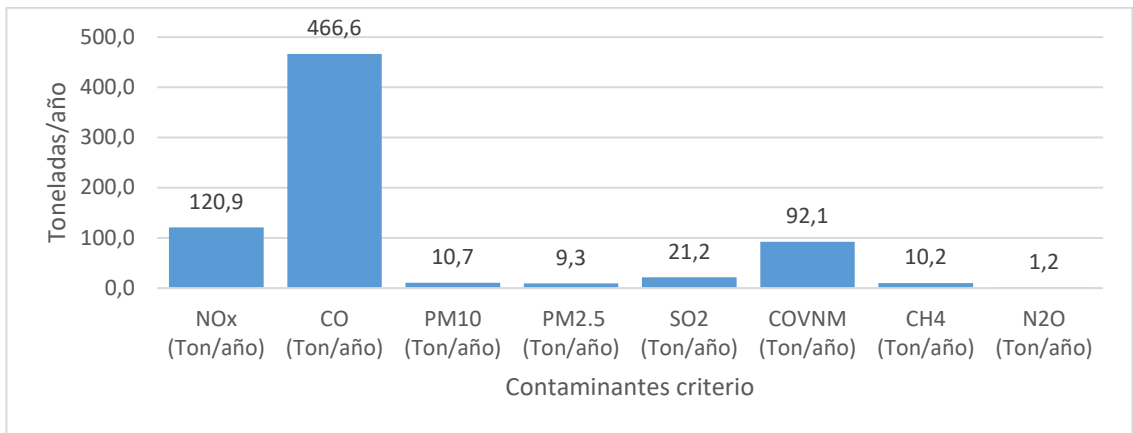
las fuentes fijas se comparó con el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Libro VI, Anexo 3 de la Norma de emisiones al aire desde fuentes fijas, en las cuales en promedio se generó 477,74 mg/m<sup>3</sup> de NO<sub>x</sub>, 1272,55 mg/m<sup>3</sup> de SO<sub>2</sub> y 45,54 mg/m<sup>3</sup> de PM<sub>10</sub> y 30,93 mg/m<sup>3</sup> de PM<sub>2,5</sub> siendo estos valores aceptables según la normativa TULAS.

**Comparación del Inventario realizado en el año 2010 por el Ministerio del Medio Ambiente con el actual estudio elaborado en base al año 2015.**

En las Figuras 2 y 3 se indican los resultados de las emisiones de contaminantes atmosféricos de NO<sub>x</sub>, CO, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, SO<sub>2</sub>, COVNM, CH<sub>4</sub> y NO<sub>2</sub> de las fuentes móviles para los años 2010 y 2015 respectivamente. De las cuales se determinó que en el año 2010 se generó una mayor cantidad de emisiones contaminantes a comparación del 2015, la razón fue porque en el 2010 se tomó una población total de autobuses mientras que en el presente estudio se tomó en consideración solo a los autobuses urbanos.

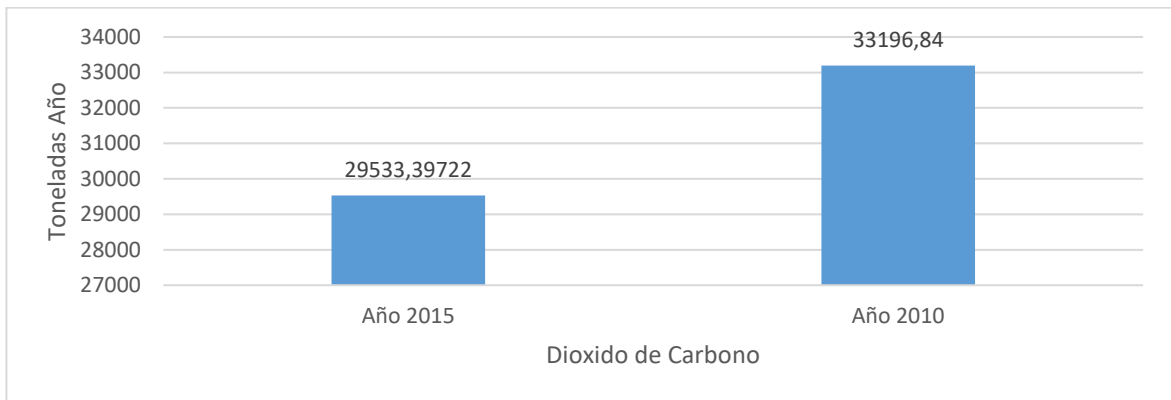


**Figura 2.** Principales categorías de emisión de NO<sub>x</sub>, CO, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>, SO<sub>2</sub>, COVNM y CH<sub>4</sub> por fuentes móviles en la Ciudad de Ambato, 2010 (Ministerio del Medio Ambiente).



**Figura 3.** Principales categorías de emisión de NOx, CO, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub>, COVNM y CH<sub>4</sub> por fuentes móviles en la Ciudad de Ambato, 2015

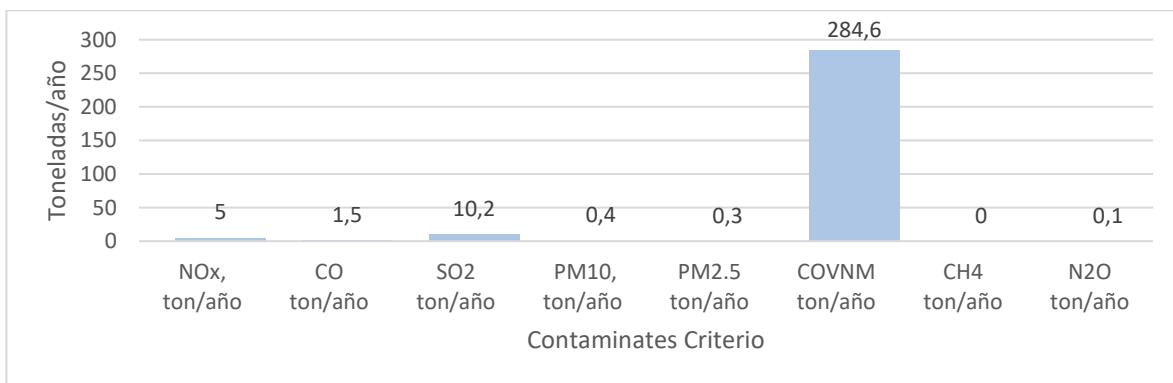
Las emisiones de CO<sub>2</sub> en el año 2010 fueron mayores a las del año 2015, porque se consideró toda la población del parque automotor de Ambato, mientras que para el 2015 se consideró solo los autobuses urbanos como se indica en la Figura 4.



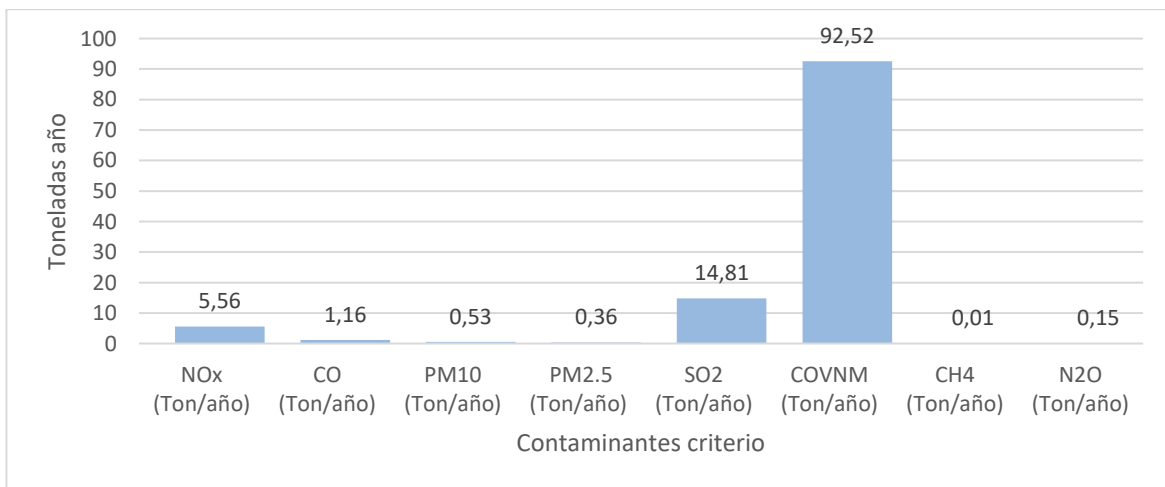
**Figura 4.** Comparación de las toneladas año producidas por fuentes móviles en el Inventario 2015 con el del 2010 (Ministerio del Medio Ambiente).

Teniendo en consideración esto, se realizó una comparación entre las emisiones que se generan en Ambato con las emisiones de la ciudad de México del año 2012 y se determinó que en Ambato se produce un menor porcentaje de contaminantes atmosféricos, debido a que el parque automotor es menor en comparación con esta ciudad.

Los resultados de las emisiones de contaminantes atmosféricos de NO<sub>x</sub>, CO, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub>, COVNM, CH<sub>4</sub> y NO<sub>2</sub> de las fuentes fijas para los años 2010 y 2015, se indican en las Tablas 5 y 6 respectivamente. Y se estimó que en el año 2010 se generó una mayor cantidad de emisiones contaminantes de COVNM a comparación del 2015, e cambio se observó un ligero crecimiento en las emisiones de SO<sub>2</sub>.

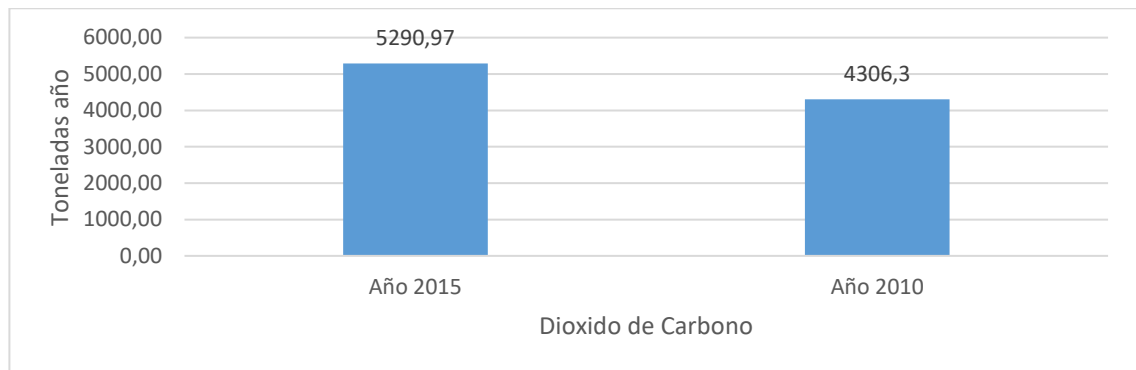


**Figura 5.** Inventario preliminar de las emisiones de contaminantes de aire, del cantón Ambato, año base 2010 (Ministerio del Medio Ambiente) para fuentes fijas.



**Figura 6.** Emisiones fuentes fijas calderos a diésel inventario de emisiones atmosféricas año 2015.

En el año 2015 se generaron 5290,97 toneladas año de dióxido de carbono, el valor es más alto debido al uso de los factores de emisión fueron diferentes a los usados para este estudio con respecto al del año 2010.



**Figura 7.** Comparación de las toneladas año producidas por fuentes fijas en el Inventario año 2015 con el del año 2010.

#### 4.2.7. Análisis estadístico fuentes móviles

Para analizar las emisiones atmosféricas, fue necesario un análisis estadístico, Se aplicó un Diseño de Bloques Completamente Aleatorizados para las fuentes móviles.

En la Tabla 13 se reportó la mediana, desviación estándar, varianza y media de las fuentes móviles.

**Tabla 13:** Análisis estadístico para fuentes móviles por año modelo

Parámetros	NOx	CO	PM10	PM2.5	SO2	COVNM	CH4	NO2	CO2
<b>Mediana</b>	0,287	1,158	0,01989	0,0178	0,0346	0,2300	0,0167	0,0020	74,97
<b>Desv. est.</b>	0,040	0,080	0,00320	0,0028	0,0053	0,0059	0,0025	0,0003	3,14
<b>Varianza</b>	0,002	0,006	0,00001	8,03E-06	2,76E-05	3,5E-05	6,40E-06	9,23E-08	9,86
<b>Media</b>	0,303	1,172	0,02265	0,02027	0,0315	0,2310	0,0151	0,0018	73,98

#### 4.2.7.1. Análisis de varianza NOx

En la Tabla 14 se indica que existe diferencia significativa entre las medias de las dos comparaciones por cooperativa y año modelo a un nivel de confianza del 95%, es decir se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_a$  de que las emisiones atmosféricas producidas por Fuentes Móviles para NOx afectan los niveles de contaminación en la ciudad de Ambato.

**Tabla 14:** Análisis de varianza para NOx

FUENTES DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	PRUEBA F	P-VALOR
<b>MODELO.</b>	0,62	20	0,031	5449,989	<b>0,0001</b>
<b>COOPERATIVAS BUSES</b>	0,102	4	0,025	4464,108	<b>0,0001</b>
<b>AÑO BUS</b>	0,518	16	0,032	5696,46	<b>0,0001</b>
<b>ERROR</b>	0,002	378	0,0000057		
<b>TOTAL</b>	0,622	398			

\* Los valores-P de color rojo menores a 0,05 prueban significancia estadística.

#### 4.2.7.2. Análisis de varianza CO

En la Tabla 15 se observa que existe diferencia significativa entre las medias de las dos comparaciones por cooperativa y año modelo a un nivel de confianza del 95%, es decir se rechaza la  $H_0$  y se acepta la  $H_a$  de que las emisiones atmosféricas producidas por Fuentes Móviles para CO afectan los niveles de contaminación en la ciudad de Ambato.

**Tabla 15: Análisis de varianza para CO**

FUENTES DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	PRUEBA F	P-VALOR
MODELO.	1,297	20	0,065	19,759	0,0001
COOPERATIVAS BUSES	0,015	4	0,004	1,173	0,3223
AÑO BUS	1,281	16	0,08	24,406	0,0001
ERROR	1,24	378	0,003		
TOTAL	2,537	398			

\*Los valores-P de color rojo menores a 0,05 prueban significancia estadística.

#### 4.2.7.3. Análisis de varianza PM<sub>10</sub>

En el análisis de varianza de la Tabla 16 indica que existe diferencia significativa entre las medias de las dos comparaciones por cooperativa y año modelo a un nivel del 95% de confianza en el caso de las partículas suspendidas de tamaño 10, es decir se rechaza la Ho y se acepta la Ha donde señala que las emisiones atmosféricas producidas por fuentes móviles para PM<sub>10</sub> afectan los niveles de contaminación en la ciudad de Ambato.

**Tabla 16: Análisis de varianza para PM<sub>10</sub>**

FUENTES DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	PRUEBA F	P-VALOR
MODELO.	0,004	20	2,00E-04	896,745	0,0001
COOPERATIVAS BUSES	0,001	4	1,80E-04	814,117	0,0001
AÑO BUS	0,003	16	2,00E-04	917,402	0,0001
ERROR	8,40E-05	378	2,20E-07		
TOTAL	0,004	398			

\*Los valores-P de color rojo menores a 0,05 prueban significancia estadística.



#### 4.2.7.4. Análisis de varianza PM<sub>2.5</sub>

En la Tabla 17 se observa que existe diferencia significativa entre las medias de las dos comparaciones por cooperativa y año modelo a un nivel del 95% de confianza, es decir se rechaza la Ho y se acepta la Ha de que las emisiones atmosféricas producidas por Fuentes Móviles para PM<sub>2.5</sub> afectan los niveles de contaminación en la ciudad de Ambato.

**Tabla 17:** Análisis de varianza para PM<sub>2.5</sub>

FUENTES DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	PRUEBA F	P-VALOR
MODELO.	0,003	20	1,60E-04	896,587	0,0001
COOPERATIVAS BUSES	0,001	4	1,40E-04	814,249	0,0001
AÑO BUS	0,003	16	1,60E-04	917,172	0,0001
ERROR	6,60E-05	378	1,80E-07		
TOTAL	0,003	398			

\*Los valores-P de color rojo menores a 0,05 prueban significancia estadística.

#### 4.2.7.5. Análisis de varianza compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano

En el análisis de varianza de la Tabla 18 para Partículas Suspendidas de tamaño 10 indica que existe diferencia entre las medias de las dos comparaciones por cooperativa y año modelo a un nivel del 95% de confianza, es decir se rechaza la Ho y se acepta la Ha de que las emisiones atmosféricas producidas por Fuentes Móviles para COVNM afectan los niveles de contaminación en la ciudad de Ambato.

**Tabla 18: Análisis de varianza para COVNM**

FUENTES DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	PRUEBA F	P-VALOR
MODELO.	0,009	20	4,50E-04	33,278	0,0001
COOPERATIVAS BUSES	0,001	4	1,30E-04	9,985	0,0001
AÑO BUS	0,008	16	0,001	39,101	0,0001
ERROR	0,005	378	1,30E-05		
TOTAL	0,014	398			

\*Los valores-P de color rojo menores a 0,05 prueban significancia estadística.

#### 4.2.7.6. Análisis de varianza CO<sub>2</sub>

En la Tabla 19 se observa que existe diferencia significativa entre las medias de las dos comparaciones por cooperativa y año modelo a un nivel de confianza del 95%, es decir se rechaza la Ho y se acepta la Ha de que las emisiones atmosféricas producidas por Fuentes Móviles para CO<sub>2</sub> afectan los niveles de contaminación en la ciudad de Ambato.

**Tabla 19: Análisis de varianza para CO<sub>2</sub>**

FUENTES DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	PRUEBA F	P-VALOR
MODELO.	3668,585	20	183,429	261,968	0,0001
COOPERATIVAS BUSES	295,291	4	73,823	105,432	0,0001
AÑO BUS	3373,294	16	210,831	301,103	0,0001
ERROR	264,674	378	0,7		
TOTAL	3933,259	398			

\*Los valores-P de color rojo menores a 0,05 prueban significancia estadística.

Las pruebas estadísticas para SO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O no se reportó porque los valores de variación fueron muy amplios y reportaron errores de medición muy grande o resultados de cero que impidieron la realización de estos cálculos y no se visualizó en la tabla de ANOVA.

#### **4.2.7.7. Pruebas de Tukey para NOx, CO, PM10, PM2.5, COVNM y CO2**

##### **NOx**

En la Tabla 29 (Anexo C) se observó que los autobuses modelo 2002 al 2005 son los que mayores emisiones de NOx produjeron. La media promedio para los autobuses año 2002 es de 0,376 toneladas año, los autobuses año 1976, 1998 y 2006 tienen una media promedio de 0,340 toneladas año. Finalmente, los que menos contaminantes atmosféricos emitieron son los autobuses nuevos siendo estos los autobuses modelo 2016 con una media de 0,257 toneladas año de NOx.

##### **CO**

En la Tabla 30 (Anexo C) se observó que el autobús modelo 1976 es el que mayor número de emisiones de CO produjo ya que al ser un modelo con más 40 años en funcionamiento los factores de emisión son más altos en comparación con los vehículos nuevos. De acuerdo al número de autobuses por año las emisiones van a ser mayores, por lo que los autobuses modelo 1998 son los que menos emisiones de CO emitieron con una media de 1,049 toneladas año.

##### **PM<sub>10</sub>**

La prueba de Tukey para Partículas Suspendidas de tamaño 10 (Tabla 31-Anexo C), indicó que los buses del año 1976 y 1998 emitieron 0,02 toneladas año y 0,027 toneladas año de PM<sub>10</sub> debido a que estos vehículos tienen más de 20 años, los vehículos que menos emisiones de PM<sub>10</sub> emitieron son los autobuses desde el 2011 al 2016 con 0,02 toneladas año debido que son nuevos.

##### **PM<sub>2.5</sub>**

En la Tabla 32 (Anexo C) se observó que los vehículos de 1976 y 1988 son los mayores contaminantes de Partículas Suspendidas de tamaño 2.5 debido a los años en comparación con los otros. Los vehículos desde el 2011 al 2016 son lo que menos emisiones de PM<sub>2.5</sub> produjeron.

## **COVNM**

La prueba de Tukey por año modelo para cada autobús (Tabla 33 - Anexo C) indico que el bus modelo 1976 emitió una media de 0,258 tonelada año de COVNM siendo este el que más emisiones produjo, Los autobuses modelo 1998 y 2016 emitieron los niveles más bajos de COVNM con 0,201 y 0,226 tonelada año de COVNM respectivamente.

## **CO<sub>2</sub>**

Según la prueba de Tukey (Tabla 34 – Anexo C) los médelos de autobuses del año 2013 al 2016 son los que mayor número de emisiones de CO<sub>2</sub> emitieron al año con un valor medio de 76 toneladas año, los vehículos 1976 y 1998 emitieron los niveles más bajos de este contaminante con un valor medio de 44,87 y 57,61 toneladas año de CO<sub>2</sub> respectivamente.

### **4.2.8. Emisiones atmosféricas producidas por fuentes fijas**

Después de elaborar los cálculos de las emisiones atmosféricas (ANEXO C). Se obtienen los siguientes valores: 5,56 ton/año de NO<sub>x</sub>, 1,16 ton/año de CO, 0,53 ton/año de PM<sub>10</sub>, 0,36 ton/año de PM<sub>2.5</sub> y 14,81 ton/año de SO<sub>2</sub>, 0.01 ton/año de CH<sub>4</sub>, 0,15 ton/año de N<sub>2</sub>O y 5.290,97 ton/año de CO<sub>2</sub>.

### **4.2.9. Análisis estadístico fuentes fijas**

Para analizar las fuentes Fijas se procedió con pruebas no paramétricas las cuales también se las conoce como distribución libre no están sometidas a ciertos requisitos que son comunes a las pruebas paramétricas. Fundamentalmente dichos requisitos se refieren a la distribución que presenta la variable en la población. Por otra parte, son especialmente útiles ante tamaños muestrales

reducidos o, en los casos en que la variable que nos interese esta medida en una escala ordinal (**Deming, 2002**).

La prueba no paramétrica que se usó para este estudio fue la prueba de Chi Cuadrado. La prueba de chi-cuadrado contrasta la repartición observada de los datos con la repartición deseada de los mismos.

En la Tabla 20 se reportó la mediana, desviación estándar, varianza y media de las fuentes fijas.

**Tabla 20:** *Análisis estadístico para fuentes fijas*

Parámetros	NOx	CO	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	SO <sub>2</sub>	COVNM	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
<b>Mediana</b>	0,052	0,011	0,005	0,003	0,139	0,869	0,00011	0,0014	49,721
<b>Desv. est.</b>	0,385	0,080	0,037	0,025	1,026	6,408	0,00083	0,0103	366,469
<b>Varianza</b>	0,148	0,006	0,001	0,001	1,052	41,066	6,96E-07	0,0001	134299,42
<b>Media</b>	0,242	0,050	0,023	0,016	0,644	4,023	0,00052	0,0064	230,042

#### **4.2.9.1. Prueba Chi Cuadrado para el contaminante criterio NOx, CO y SO<sub>2</sub>**

En la Tabla 21 el valor de significancia es de 0,236 indicando que existe diferencia a un nivel del 95% de confianza es decir se rechaza la Ho y se acepta la Ha de que Las emisiones atmosféricas producidas por Fuentes Fijas para NOx, CO y SO<sub>2</sub> afectan los niveles de contaminación en la ciudad de Ambato. Se reporta en una sola tabla ya que la prueba Chi cuadrado nos dio los mismos valores para NOx, CO y SO<sub>2</sub>.

**Tabla 21: Prueba de Chi Cuadrado NOx, CO y SO<sub>2</sub>**

	VALOR	GRADOS DE LIBERTAD	SIGNIFICACIÓN ASINTÓTICA (BILATERAL)
<b>CHI-CUADRADO DE PEARSON</b>	506,000 <sup>a</sup>	484	<b>0,23637308</b>
<b>RAZÓN DE VEROSIMILITUD</b>	144,232734	484	1
<b>ASOCIACIÓN LINEAL POR LINEAL</b>	0,38409663	1	0,5354189
<b>N DE CASOS VÁLIDOS</b>	23		

**4.2.9.2. Prueba Chi Cuadrado para el contaminante criterio PM<sub>10</sub>**

En la Tabla 22 el valor de significancia es de 0,24 indicando que existe diferencia significativa a un nivel del 95% de confianza, es decir se rechaza la Ho y se acepta la Ha de que las emisiones atmosféricas producidas por Fuentes Fijas para PM<sub>10</sub> afectan los niveles de contaminación en la ciudad de Ambato.

**Tabla 22: Prueba de Chi Cuadrado PM<sub>10</sub>**

	VALOR	GRADOS DE LIBERTAD	SIGNIFICACIÓN ASINTÓTICA (BILATERAL)
<b>CHI-CUADRADO DE PEARSON</b>	483,000a	462	<b>0,24118275</b>
<b>RAZÓN DE VEROSIMILITUD</b>	141,460145	462	1
<b>ASOCIACIÓN LINEAL POR LINEAL</b>	0,38450838	1	0,53520025
<b>N DE CASOS VÁLIDOS</b>	23		

**4.2.9.3. Prueba Chi Cuadrado para el contaminante criterio PM<sub>2.5</sub>**

En la Tabla 23 el valor de significancia es de 0,246 indicando que existe diferencia significativa a un nivel del 95% de confianza, es decir se rechaza la Ho

y se acepta la Ha de que Las emisiones atmosféricas producidas por Fuentes Fijas para PM<sub>2,5</sub> afectan los niveles de contaminación en la ciudad de Ambato.

**Tabla 23:** Prueba de Chi Cuadrado PM<sub>2,5</sub>

	VALOR	GRADOS DE LIBERTAD	SIGNIFICACIÓN ASINTÓTICA (BILATERAL)
<b>CHI-CUADRADO DE PEARSON</b>	460,000a	440	0,24615507
<b>RAZÓN DE VEROSIMILITUD</b>	138,687556	440	1
<b>ASOCIACIÓN LINEAL POR LINEAL</b>	0,38387649	1	0,53553587
<b>N DE CASOS VÁLIDOS</b>	23		

#### 4.2.9.4. Prueba Chi Cuadrado para el contaminante criterio COVNM, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub>

En la Tabla 24 se observa que el valor de significancia es de 0,236 indicando que existe diferencia significativa al 95% de confianza es decir se elimina la Ho y se admite la Ha de que Las emisiones atmosféricas producidas por Fuentes Fijas para COVNM, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub> afectan los niveles de contaminación en la ciudad de Ambato. Se reporta en una sola tabla ya que la prueba Chi cuadrado nos dio los mismos valores para COVNM, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub>.

**Tabla 24:** Prueba de Chi Cuadrado COVNM, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O y CO<sub>2</sub>

	VALOR	GRADOS DE LIBERTAD	SIGNIFICACIÓN ASINTÓTICA (BILATERAL)
<b>CHI-CUADRADO DE PEARSON</b>	506,000a	484	0,23637308
<b>RAZÓN DE VEROSIMILITUD</b>	144,232734	484	1
<b>ASOCIACIÓN LINEAL POR LINEAL</b>	0,38410922	1	0,53541221
<b>N DE CASOS VÁLIDOS</b>	23		

#### **4.2.10. Análisis de conglomerados para Fuentes Fijas**

En esta categoría se incluye las emisiones generadas por la combustión 510.788,58 galones de diésel, los cuales fueron utilizados en calderas. Además, se incluyen las emisiones de algunas industrias, que por falta de información no fueron incluidas en el inventario de fuentes fijas, éstas representan un consumo de 1,15 millones de galones de Diésel en el año 2015.

Los consumos de combustibles mencionados, fueron obtenidos directamente de las empresas citadas en este estudio y de la Agencia de Regulación y Control de Hidrocarburos. El contaminante más abundante en esta categoría son los COVNM y aunque la aportación de éste sector a las emisiones totales de la Ciudad de Ambato es menor al 51%, son importantes debido a que se consideran un precursor del ozono.

Según la tabla de conglomerados Figura 8 (ANEXO F) todas las empresas observadas contaminan ya sea en poca o en gran cantidad, debido a que estas usan el diésel para sus procesos de producción o servicio.

#### **4.3. Verificación de Hipótesis:**

##### **Hipótesis nula**

Las emisiones atmosféricas producidas por Fuentes Fijas y Móviles no afectan los niveles de contaminación en la ciudad de Ambato.



## **Hipótesis alternativa**

Las emisiones atmosféricas producidas por Fuentes Fijas y Móviles afectan los niveles de contaminación en la ciudad de Ambato.

El análisis estadístico, ANOVA establece que si afectan los niveles de contaminación en la ciudad de Ambato para el caso de las fuentes móviles.

El análisis estadístico, prueba No Paramétrica Chi cuadrado establece que si afectan los niveles de contaminación en la ciudad de Ambato para el caso de las fuentes fijas.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

Con un análisis estadístico se determinó que las emisiones de contaminación atmosféricas generadas por las fuentes móviles y fijas afectan a la calidad del aire de Ambato, en el cual los autobuses urbanos y las industrias grandes son las que provocan mayor impacto ambiental.

Mediante el inventario del año 2015 de emisiones atmosféricas de la ciudad de Ambato se estimó que los niveles de contaminación son aceptables, provocados por diversas fuentes móviles y fijas, dando un total de 399 autobuses urbanos que representan el mayor número de emisiones y 23 empresas que por los datos del cuadro de emisiones no contribuyen con un porcentaje alto de contaminación.

A través de la utilización de algoritmos ingenieriles y matemáticos, se evaluaron cada uno de los niveles de las emisiones atmosféricas producidas por las fuentes móviles y fijas en Ambato en el año 2015, siendo el dióxido de carbono el contaminante atmosférico que se presentó en mayor cantidad con un total de 34.824,37 toneladas por año, del cual el 85% pertenece a las fuentes móviles y el 15% de las fuentes fijas.

Con este inventario se obtuvo información actualizada de las emisiones atmosféricas en Ambato, lo que permitirá tomar decisiones adecuadas para el manejo de la contaminación de la ciudad y mejorar el estado del aire.

## **5.2. RECOMENDACIONES:**

De acuerdo a la estimación de los datos obtenidos se recomienda crear un programa de control vehicular e industrial en el que se contemplen la verificación de emisiones y condiciones mecánicas, concientización de los automovilistas y empresarios que en forma voluntaria y consiente mantengan en niveles adecuados las emisiones.

Se recomienda establecer los mecanismos y acuerdos necesarios entre las dependencias municipales para interrelacionar sus programas y actividades para asegurar el seguimiento de las políticas, líneas de acción y proyectos derivados del presente y próximos inventarios de emisiones. Mantener e incrementar los controles administrativos, bases de datos y demás fuentes de información de las dependencias oficiales, para la actualización continua del inventario de emisiones.

Se recomienda al departamento de Gestión y Control Ambiental del Municipio de Ambato comprar equipos que permitan medir los contaminantes del medio ambiente producida por calderas, promover el uso de filtros en las chimeneas y autobuses para disminuir la emisión de dióxido de carbono ya que este la excesiva inhalación puede producir daños respiratorios.

Se recomienda al departamento de Gestión Ambiental del Gobierno Provincial crear programas de investigación y desarrollo para mejorar la recolección de información y establecimiento de bases de datos que apoyen la elaboración de inventarios, así como el desarrollo de modelos para prevenir situaciones de riesgo por contaminación ambiental, comenzar estudios para la determinación de factores de emisión propios para la ciudad de Ambato.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS VI

- Albanil, A., & Pascual, R. (2015). Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional Gerencia de Meteorología y Climatología Subgerencia de Pronóstico a Mediano y Largo Plazo. México. 5, 1- 23.
- Agencia para sustancias toxicas y registro de enfermedades. (2002). Óxidos de nitrógeno. *División de Toxicología ToxFAQs*, 1, 2.
- Mendoza, E. (2013). *La calidad del aire en Europa Informe 2012*. (L. Romero, Ed.), (AEMA). España.
- Arciniegas, C. (2012). Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable PM 10. *Luna Azul*, (34), 195–213.
- Blumberg, K., Posada, F. & Miller, J. (2014). Actualización de la NOM-044. The International Clean Transportation, 1, 18.
- Bustillos, A. (2011). Simulación de la dispersión de contaminantes en el aire de la ciudad de Ambato emitidos por fuentes fijas y por la actividad del volcán Tungurahua, mediante la utilización de los softwares ambientales especializados disper versión 5.2 y screen view (Ingeniería Bioquímica), Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Carnicer, J. (2007). Contaminación Atmosférica. *Contaminación Atmosférica*, 1, 320.
- Carranza, R. (2004). Gestión de la Calidad del Aire Causas, Efectos y Soluciones. *Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial UNMSM*, 1, 119.
- Castillo, P., Mendoza, A., & Caballero, P. (2012). Análisis de las propiedades fisicoquímicas de gasolina y diésel mexicanos reformulados con Etanol. *Ingeniería Investigación Y Tecnología*, XIII (3), 293–306.
- Deming, W. E. (2002). Análisis de la varianza de un factor: comparación de varias medias. In *Estadística Aplicada Básica* (2nd ed., pp. 651–686). Estados Unidos.
- Espi, M., & Molina, J. (2003). Intoxicaciones por monóxido de carbono. *Intoxicación Por Monóxido de Carbono*, 260–266.

- Facio, M. (2010). *Simulaciones especiales optimización Convenio de Asociación. Area metropolitana Valle de Aburra*. Universidad Pontificia Bolivariana, Valle de Aburra.
- Gómez, D. & Watterson, J. (2006). CAPÍTULO 2. Combustión estacionaria. *Directrices Del IPCC de 2006 Para los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero*, 2, 1–47.
- Hernández, M., Encalada, M., & Molina, S. (2010). Plan Nacional de Calidad del Aire. *Ministerio Del Medio Ambiente*, 1(Reintegración Comunitaria), 5–90.
- Herrera, S., Herrera, J., & Ramos, F. (2007). NORMA Oficial Mexicana NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005, Especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental. *SEMARNAT*, 64, 23.
- INEN 2207. 2002. Norma de Gestión ambiental. Aire. vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de diésel. Quito- Ecuador
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2010). Ecuador en Cifras.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2012). Productos derivados del petróleo. Diésel. Requisitos.
- Jacob, D. J. (2013). Atmospheric Pollution Sections. *Annenberg Foundation*, 1–35.
- Mancera, M., Müller, T., & Sarmiento, J. (2012). Inventario de emisiones contaminantes y de efecto invernadero. Zona Metropolitana de México, 3, 122.
- Ministerio del Ambiente. (2014). Inventario Preliminar de las Emisiones de Contaminantes del Aire, de los cantones Ambato, Riobamba, Santo Domingo de los Colorados, Latacunga, Ibarra, Manta, Portoviejo, Esmeraldas y Milagro, 3, 124.
- Ortiz, M. (2014). *Estudio Comparativo del Uso del Diésel Entre Europa y Ecuador, Utilizado para Motores de Vehículos (Ingeniería en Mecánica Automotriz) Universidad Internacional del Ecuador, Puenbo, Quito, Ecuador*.
- IPCC. 2006. Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero.

- Ruiz, M., Héctor, L., Manzano, M., & López, S. (2013). *Inserción de vehículos eléctricos en las cooperativas de taxis de la ciudad de Ambato*. (Contabilidad y Auditoría) Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Sanchez, C. & Mantilla, D. (2015). Boletín Meteorológico Trimestral de Tungurahua, 23.
- Texto Unificado de Legislación Secundaria Medio Ambiental. (2015). Norma de Emisiones al Aire desde Fuentes Fijas de Combustión. Quito-Ecuador: Lexis - Inteligencia Jurídica.
- US. EPA. (2004). Emission Factor and Inventory Group. US Environmental. United States of America.
- Vintimilla, P. (2015). *Análisis de resultados de la medición de emisiones de gases contaminantes de fuentes móviles a partir de la implementación de la revisión técnica vehicular en el cantón Cuenca*, 1, 102.
- Zambrano, C., Enríquez, D., Cáceres, N., Baca, J. C., & Betancourt, N. (2012). *Plan de Acción Climático de Quito. Secretaria Del Ambiente*, 1, 60.

# **ANEXOS**

## ANEXO A.

**Tabla 25. Empresas seleccionadas**

ACTIVIDAD	EMPRESA	TIPO DE EMPRESA	DIRECCIÓN
Industria Alimentaria	BIOALIMENTAR	Grande	Parque Industrial
Curtiduría	CETICUERO	Mediana	Puerto Arturo
Curtiduría	CURTIDURÍA ALDÁS	Grande	Totoras
Curtiduría	CURTIDURÍA HIDALGO	Grande	Pisque Bajo
Curtiduría	NAGÓN CUEROS	Mediana	Entrada a Atahualpa
Curtiduría	CURTIEMBRE PRODUCCIÓN CUERO	Pequeña	Cunchibamba
Curtiduría	CURTIPIEL MARTINEZ	Mediana	Cuatro Esquinas
Curtiduría	CURTIDURIA TUNGURAHUA	Grande	Parque Industrial
Curtiduría	CAMAL AMBATO	Grande	Parque Industrial
Curtiduría	TENERIA DÍAZ	Grande	Entrada a Macasto
Curtiduría	TEXTILES INDUSTRIALES AMBATEÑOS S. A.	Grande	Santa Rosa
Industria Alimentaria	Industrias Licoreras Asociados	Grande	Ingahurco Bajo
Institución	UNIDAD EDUCATIVA BOLÍVAR	Grande	Huachi Pata
Institución	ESFORSE AMBATO	Grande	Pisque
Curtiduría	TENERIA AGA	Mediana	Izamba vía a Pillaro
Lavadora y tintorería de prendas	LAVANDERÍAS NACIONALES	Mediana	Barcelona y Manuelita Saenz
Lavadora y tintorería de prendas	LAVATINTEX	Mediana	Cataguango
Institución	IEES AMBATO	Grande	Atocha
Industria Alimentaria	PASTIFICIO AMBATO	Grande	Av. Rodrigo Pachano
Industria Alimentaria	PLANHOFA	Grande	Avenidas Bolivariana y el Cóndor
Varias	PLASTICAUCHO	Grande	Catiglata, Parque Industrial
Curtiduría	PROMEPELL	Grande	Parque Industrial
Industria Alimentaria	SUIZA DAJED	Mediana	Los Tres Juanes



## ANEXO B

**Tabla 26:** *Emisiones atmosféricas fuentes móviles por autobús según el año modelo*

<b>Año bus</b>	<b>Núm. buses</b>	<b>NOx (ton/año)</b>	<b>CO (ton/año)</b>	<b>PM<sub>10</sub> (ton/año)</b>	<b>PM<sub>2,5</sub> (ton/año)</b>	<b>SO<sub>2</sub> (ton/año)</b>	<b>COVNM (ton/año)</b>	<b>CH<sub>4</sub> (ton/año)</b>	<b>N<sub>2</sub>O (ton/año)</b>	<b>CO<sub>2</sub> (ton/año)</b>
1976	1	0,338	1,97	0,033	0,029	0,014	0,258	0,007	0,001	44,87
1998	1	0,342	1,049	0,03	0,026	0,014	0,201	0,007	0,001	57,605
2002	6	2,257	7,393	0,182	0,159	0,203	1,428	0,098	0,012	416,362
2003	12	4,417	14,71	0,363	0,319	0,406	2,848	0,195	0,023	839,84
2004	41	14,723	49,926	1,242	1,089	1,387	9,697	0,667	0,08	2,893,514
2005	22	7,702	26,611	0,666	0,585	0,744	5,184	0,358	0,043	1,564,556
2006	24	8,208	28,858	0,727	0,638	0,812	5,635	0,391	0,047	1,721,023
2007	21	7,031	25,08	0,636	0,558	1,268	4,914	0,61	0,073	1516,82
2008	24	7,97	28,49	0,727	0,638	1,449	5,597	0,697	0,084	1,737,396
2009	17	5,493	20,058	0,515	0,452	1,027	3,95	0,494	0,059	1,241,304
2010	4	1,235	4,687	0,121	0,106	0,242	0,926	0,116	0,014	294,847
2011	17	5,034	19,783	0,408	0,357	1,027	3,921	0,494	0,059	1,266,228
2012	17	4,881	19,691	0,408	0,357	1,027	3,911	0,494	0,059	1274,49
2013	23	6,499	26,45	0,552	0,483	1,389	5,262	0,668	0,08	1,734,298
2014	53	14,519	60,56	1,271	1,113	3,201	12,079	1,54	0,185	4,025,226
2015	57	15,123	64,71	1,367	1,197	3,442	12,939	1,656	0,199	4,359,989
2016	59	15,145	66,545	1,415	1,239	3,563	13,341	1,714	0,206	4545,03
<b>Total</b>	<b>399</b>	<b>120,917</b>	<b>466,571</b>	<b>10,661</b>	<b>9,344</b>	<b>21,214</b>	<b>92,091</b>	<b>10,207</b>	<b>1,225</b>	<b>29533,4</b>

**Tabla 27.** Emisiones atmosféricas fuentes móviles desgaste de neumáticos, pavimento y frenos.

Año del bus	Desgaste de neumáticos, PM10 (Ton/año)	Desgaste de pavimento, PM10 (Ton/año)	Desgaste de Frenos PM 2,5 (Ton/año)
1976	0.001392	2.02E-03	0.00264375
1998	0.001392	2.02E-03	0.00264375
2002	0.0100224	0.014526	0.019035
2003	0.0200448	0.029052	0.03807
2004	0.0684864	0.099261	0.1300725
2005	0.0367488	0.053262	0.069795
2006	0.0400896	0.058104	0.07614
2007	0.0350784	0.050841	0.0666225
2008	0.0400896	0.058104	0.07614
2009	0.0283968	0.041157	0.0539325
2010	0.0066816	0.009684	0.01269
2011	0.0283968	0.041157	0.0539325
2012	0.0283968	0.041157	0.0539325
2013	0.0384192	0.055683	0.0729675
2014	0.0885312	0.128313	0.1681425
2015	0.0952128	0.137997	0.1808325
2016	0.0985536	0.142839	0.1871775
<b>Total</b>	<b>0.6659328</b>	<b>0.965172</b>	<b>1.26477</b>

### Anexo C

**Tabla 28: Prueba de Tukey, NOx por año modelo de transporte publico autobuses**

Año bus	Medias	n	E.E.						
2016	0,257	59	3,10E-04	A					
2015	0,265	57	3,30E-04	B					
2014	0,274	53	3,30E-04	C					
2013	0,283	23	0,001	D					
2012	0,287	17	0,001	D					
2011	0,296	17	0,001	E					
2010	0,309	4	0,001	F					
2009	0,323	17	0,001	G					
2008	0,332	24	0,001	H					
2007	0,335	21	0,001	H	I				
1976	0,338	1	0,002	I	J				
1998	0,342	1	0,002	J					
2006	0,342	24	4,90E-04	J					
2005	0,35	22	0,001	K					
2004	0,361	41	3,90E-04	L					
2003	0,368	12	0,001	M					
2002	0,376	6	0,001	N					

**Tabla 29: Prueba de Tukey, CO por año modelo de transporte publico autobuses**

Año bus	Medias	n	E.E.				
1998	1,049	1	0,057	A			
2016	1,128	59	0,007	A	B		
2015	1,137	57	0,008	A	B		
2014	1,142	53	0,008	A	B	C	
2013	1,146	23	0,012	A	B	C	
2012	1,162	17	0,014	A	B	C	
2011	1,167	17	0,014		B	C	
2010	1,173	4	0,029		B	C	
2009	1,182	17	0,014		B	C	
2008	1,188	24	0,012		B	C	
2007	1,194	21	0,013		B	C	
2006	1,203	24	0,012		B	C	
2005	1,211	22	0,012		B	C	
2003	1,224	12	0,017		B	C	
2002	1,233	6	0,023		B	C	
2004	1,255	41	0,009			C	
1976	1,97	1	0,057				D

**Tabla 30:** Prueba de Tukey,  $PM_{10}$  por año modelo de transporte publico autobuses

Año bus	Medias	n	E.E.		
2013	0,02	23	1,00E-04	A	
2014	0,02	53	6,50E-05	A	
2016	0,02	59	6,20E-05	A	
2015	0,02	57	6,50E-05	A	
2011	0,02	17	1,20E-04	A	
2012	0,02	17	1,20E-04	A	
2003	0,026	12	1,40E-04		B
2007	0,026	21	1,00E-04		B
2005	0,026	22	1,00E-04		B
2002	0,026	6	1,90E-04		B
2006	0,026	24	9,80E-05		B
2010	0,026	4	2,40E-04		B
2008	0,026	24	9,90E-05		B
2009	0,026	17	1,20E-04		B
2004	0,026	41	7,80E-05		B
1998	0,027	1	4,70E-04		B
1976	0,03	1	4,70E-04		C

**Tabla 31:** Prueba de Tukey,  $PM_{2.5}$  por año modelo de transporte publico autobuses

Año bus	Medias	n	E.E.		
2013	0,018	23	9,00E-05	A	
2014	0,018	53	5,80E-05	A	
2016	0,018	59	5,50E-05	A	
2015	0,018	57	5,70E-05	A	
2011	0,018	17	1,00E-04	A	
2012	0,018	17	1,00E-04	A	
2003	0,023	12	1,20E-04		B
2007	0,023	21	9,20E-05		B
2005	0,023	22	9,10E-05		B
2002	0,023	6	1,70E-04		B
2006	0,023	24	8,60E-05		B
2010	0,023	4	2,10E-04		B
2008	0,023	24	8,80E-05		B
2009	0,023	17	1,00E-04		B
2004	0,024	41	6,90E-05		B
1998	0,024	1	4,20E-04		B
1976	0,026	1	4,20E-04		C

**Tabla 32: Prueba de Tukey, COVNM por año modelo de transporte publico autobuses**

AÑO BUS	MEDIAS	N	E.E.															
1998	0,201	1	0,004	A														
2016	0,226	59	4,80E-04	B														
2015	0,227	57	5,00E-04	B	C													
2014	0,228	53	0,001	B	C	D												
2013	0,229	23	0,001	B	C	D	E											
2012	0,23	17	0,001	B	C	D	E	F										
2011	0,231	17	0,001	B	C	D	E	F	G									
2010	0,232	4	0,002	B	C	D	E	F	G	H								
2009	0,232	17	0,001	B	C	D	E	F	G	H								
2008	0,233	24	0,001	B	C	D	E	F	G	H								
2007	0,234	21	0,001		C	D	E	F	G	H								
2006	0,235	24	0,001			D	E	F	G	H								
2005	0,236	22	0,001				E	F	G	H								
2003	0,237	12	0,001					F	G	H								
2002	0,238	6	0,001						G	H								
2004	0,239	41	0,001							H								
1976	0,258	1	0,004															I

**Tabla 33: Prueba de Tukey, CO<sub>2</sub> por año modelo de transporte publico autobuses**

Año bus	Medias	n	E.E.																
1976	44,87	1	0,837	A															
1998	57,605	1	0,837	B															
2002	69,381	6	0,342	C															
2003	70,014	12	0,243	C	D														
2004	70,028	41	0,138	C	D														
2005	71,108	22	0,181		D	E													
2006	71,695	24	0,173		D	E	F												
2007	72,224	21	0,184			E	F	G											
2008	72,373	24	0,176			E	F	G											
2009	72,994	17	0,206				F	G	H										
2010	73,693	4	0,419					G	H	I									
2011	74,439	17	0,205						H	I	J								
2012	74,917	17	0,204							I	J	K							
2013	75,461	23	0,181								J	K	L						
2014	75,959	53	0,115								J	K	L						
2015	76,465	57	0,114									K	L						
2016	77,033	59	0,109																L

## ANEXO D

### Norma NTE INEN 2207 (2002): Gestión ambiental. Aire. Vehículos automotores. Límites permitidos de emisiones producidas por fuentes móviles terrestres de diésel

**Tabla 34:** Límites máximos de emisiones permitidos para fuentes móviles con motor de diésel (prueba dinámica)\* a partir del año modelo 2000 (ciclos americanos)

Categoría	peso bruto del vehículo en kg	Peso del vehículo cargado kg	CO g/km	HC g/km	NOx g/km	Partículas g/km	Ciclos de prueba
<b>Vehículos pesados</b>	Todos	Todos	2,1	0,25	0,62	0,12	FTP - 75
<b>Vehículos pesados</b>	≤ 3860	≤ 1 700	6,2	0,5	0,75	0,16	
		> 1 700 ≤ 3 860	6,2	0,5	1,1	0,28	
<b>Vehículos pesados *</b>	≥ 3860	Todos	15,5	1,3	5	0,10***	Transiente pesado

Fuente: INEN, 2002.

\* prueba realizada a nivel del mar

\*\* en g/bHP-h (gramos / brake Horse Power-hora)

\*\*\* para buses urbanos el valor es 0,07 g/bHP-h

**Tabla 35:** Límites máximos de emisiones para fuentes móviles con motor de diésel (prueba *dinámica*)\* a partir del año modelo 2000 (ciclos europeos).

Categoría	Peso bruto del vehículo en kg	Peso del vehículo cargado kg	CO g/km	HC g/km	NOx g/km	Partículas g/km	Ciclos de prueba
<b>M1</b> <sup>(1)</sup>	≤ 3500	Todos	2,72	0,97 <sup>(4)</sup>		0,14	ECE -15 + EUDC
		≤ 1 250	2,72	0,97 <sup>(4)</sup>		0,14	
<b>M1</b> <sup>(2)</sup> , <b>N1</b>		> 1 250 ≤ 1700	5,17	1,4 <sup>(4)</sup>		0,19	
		>1700	6,9	1,7 <sup>(4)</sup>		0,25	
<b>N2, N3, M2</b> <b>M3</b> <sup>(3)</sup>	≥ 3500	Todos	4	1,1	7	0,15	ECE - 49

Fuente: INEN, 2002.

\* Prueba realizada a nivel del mar

<sup>(1)</sup> Vehículos que transportan hasta 5 pasajeros más el conductor y con un peso bruto del vehículo menor o igual a 2,5 toneladas.

<sup>(2)</sup> Vehículos que transportan más de 5 pasajeros más el conductor o cuyo peso bruto del vehículo exceda de 2,5 toneladas.

<sup>(3)</sup> Unidades g/kWh

<sup>(4)</sup> HC + NOx

**Texto Unificado de Legislación Secundaria Medio Ambiental. Norma de Emisiones al Aire desde Fuentes Fijas de Combustión**

**Tabla 36:** Límites máximos permisibles de emisiones al aire para fuentes fijas de combustión. Norma para fuentes en operación a partir de enero de 2003

<b>CONTAMINANTE EMITIDO</b>	<b>COMBUSTIBLE UTILIZADO</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDADES</b>
Partículas Totales	Líquido	150	mg/Nm <sup>3</sup>
Óxidos de Nitrógeno	Líquido	550	mg/Nm <sup>3</sup>
Dióxido de Azufre	Líquido	1650	mg/Nm <sup>3</sup>

**Fuente:** TULSMA, 2012.

**Notas:**

**mg/Nm<sup>3</sup>:** miligramos por metro cúbico de gas, a condiciones normales, de mil trece milibares de presión (1013 mbar) y temperatura de 0 °C, en base seca y corregidos a 7% de oxígeno.

**Combustibles líquidos:** comprenden los combustibles fósiles líquidos, tales como diésel, kerosene, búnker C, petróleo crudo, naftas.

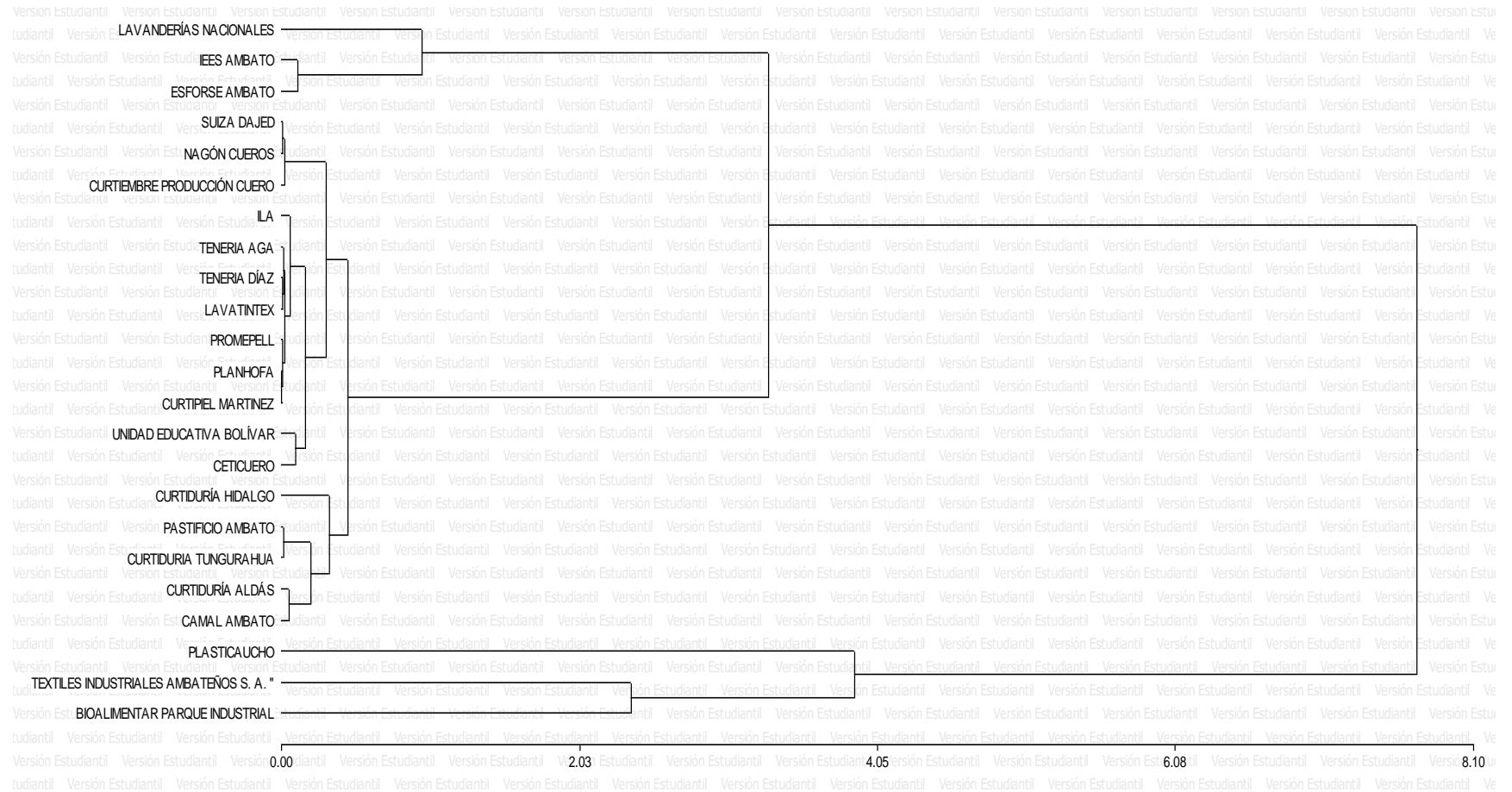
## ANEXO E

**Tabla 37:** Emisiones por fuentes fijas año 2015.


EMPRESA	NOx ton/año	CO ton/año	SO <sub>2</sub> ton/año	PM <sub>10</sub> , ton/año	PM <sub>2,5</sub> ton/año	COVNM ton/año	CH <sub>4</sub> ton/año	N <sub>2</sub> O ton/año	CO <sub>2</sub> ton/año
BIOALIMENTAR PARQUE INDUSTRIAL CETICUERO	0,784	0,1633	20,875	0,0751	0,0506	13,042	0,0017	0,0209	745,808
CURTIDURÍA ALDÁS	0,0314	0,0065	0,0835	0,003	0,002	0,522	0,0000679	0,000836	29,832
CURTIDURÍA HIDALGO	0,098	0,0204	0,2609	0,0094	0,0063	1,63	0,000212	0,00261	93,226
NAGÓN CUEROS	0,1235	0,0257	0,3288	0,0118	0,008	2,054	0,000268	0,00329	117,479
CURTIEMBRE	0,0026	0,0005	0,007	0,0003	0,0002	0,043	0,00000566	0,0000697	2,486
PRODUCCIÓN CUERO	0,0008	0,0002	0,0021	0,0001	0,0001	0,013	0,0000017	0,0000209	0,746
CURTIPIEL MARTINEZ	0,0465	0,0097	0,1239	0,0045	0,003	0,774	0,000101	0,00124	44,251
CURTIDURIA TUNGURAHUA	0,0675	0,0141	0,1798	0,0065	0,0044	1,123	0,000146	0,0018	64,222
CAMAL AMBATO	0,0915	0,0191	0,2435	0,0088	0,0059	1,522	0,000198	0,00244	87,011
TENERIA DÍAZ	0,0444	0,0093	0,1183	0,0043	0,0029	0,739	0,0000963	0,00118	42,262
TEXTILES INDUSTRIALES AMBATEÑOS S, A, ILA	10,889	0,2269	28,993	0,1044	0,0703	18,113	0,00236	0,029	1,035,844
UNIDAD EDUCATIVA BOLÍVAR	0,0523	0,0109	0,1392	0,005	0,0034	0,869	0,000113	0,00139	49,721
ESFORSE AMBATO	0,0191	0,004	0,0509	0,0018	0,0012	0,318	0,0000415	0,00051	18,203
TENERIA AGA	0,508	0,1058	13,525	0,0487	0,0328	8,45	0,0011	0,0135	483,22
LAVANDERÍAS NACIONALES	0,0418	0,0087	0,1113	0,004	0,0027	0,696	0,0000906	0,00112	39,776
LAVATINTEX	0,392	0,0817	10,437	0,0376	0,0253	6,521	0,000849	0,0105	372,904
IEES AMBATO	0,0436	0,0091	0,116	0,0042	0,0028	0,725	0,0000944	0,00116	41,434
PASTIFICIO AMBATO	0,5227	0,1089	13,917	0,0501	0,0338	8,694	0,00113	0,0139	497,205
PLANHOFA	0,0697	0,0145	0,1856	0,0067	0,0045	1,159	0,000151	0,00186	66,294
PLASTICAUCHO	0,047	0,0098	0,1252	0,0045	0,003	0,783	0,000102	0,00125	44,748
PROMEPELL	14,374	0,2995	3,827	0,1377	0,0928	23,91	0,00311	0,0383	1,367,314
SUIZA DAJED	0,0455	0,0095	0,1211	0,0044	0,0029	0,756	0,0000985	0,00121	43,257
<b>Total</b>	<b>55,621</b>	<b>11,589</b>	<b>148,092</b>	<b>0,5333</b>	<b>0,3592</b>	<b>92,521</b>	<b>0,01204505</b>	<b>0,1481916</b>	<b>5,290,972</b>



## ANEXO F



**Figura 8.** Análisis de Conglomerados para Fuentes Fijas

	<b>PLAN DE DESARROLLO</b> <b>Plan para la elaboración del</b> <b>Inventario de Emisiones</b> <b>atmosféricas</b>	PD ITEM: 1-1	Página: 1 de: 18
	<b>INVENTARIO DE EMISIONES</b> <b>ATMOSFÉRICAS 2015</b>		
	<b>GADMA</b>		

### ANEXO G.

#### Elaboración de cálculos para fuentes móviles (autobuses urbanos-Ambato)

##### Representación de cálculo NOx para autobuses modelo 2015

$$E_{r2015}^{icaliente} = \frac{57_{autobuses} * 90000 \frac{Km}{año} * 5.66 \frac{g}{Km}}{1000000}$$

$$E_{r2015}^{icaliente} = 15,12 \frac{Ton}{año}$$

##### Representación de cálculo CO para autobuses modelo 2015

$$E_{r2015}^{icaliente} = \frac{57_{autobuses} * 90000 \frac{Km}{año} * 13.75 \frac{g}{Km}}{1000000}$$


$$E_{r2015}^{icaliente} = 64,71 \frac{Ton}{año}$$

##### Representación de cálculo COVNM para autobuses modelo 2015

$$E_{r2015}^{icaliente} = \frac{57_{autobuses} * 90000 \frac{Km}{año} * 6.7 \frac{g}{Km}}{1000000}$$

$$E_{r2015}^{icaliente} = 12,94 \frac{Ton}{año}$$

Municipio de Ambato (GADMA)	Control y Gestión Ambiental	04/04/2016	Ambato	Lozada Andrés	Ing. Santiago Jácome	Ing. Santiago Jácome
Institución	Departamento	Fecha	Localización	Elaboró	Revisó	Aprueba

	<b>PLAN DE DESARROLLO</b> <b>Plan para la elaboración del</b> <b>Inventario de Emisiones</b> <b>atmosféricas</b>	PD ITEM: 1-1	Página: 2 de: 18
	<b>INVENTARIO DE EMISIONES</b> <b>ATMOSFÉRICAS 2015</b>		
	<b>GADMA</b>		

### Representación de cálculo PM<sub>10</sub> para autobuses modelo 2015

$$E_{r2015}^{i\text{caliente}} = \frac{57_{\text{autobuses}} * 90000 \frac{\text{Km}}{\text{año}} * 0,48 \frac{\text{g}}{\text{Km}}}{1000000}$$


$$E_{r2015}^{i\text{caliente}} = 1,367 \frac{\text{Ton}}{\text{año}}$$

### Representación de cálculo PM<sub>2.5</sub> para autobuses modelo 2015

$$E_{r2015}^{i\text{caliente}} = \frac{57_{\text{autobuses}} * 90000 \frac{\text{Km}}{\text{año}} * 0,418 \frac{\text{g}}{\text{Km}}}{1000000}$$

$$E_{r2015}^{i\text{caliente}} = 1,19 \frac{\text{Ton}}{\text{año}}$$

Municipio de Ambato (GADMA)	Control y Gestión Ambiental	05/04/2016	Ambato	Lozada Andrés	Ing. Santiago Jácome	Ing. Santiago Jácome
Institución	Departamento	Fecha	Localización	Elaboró	Revisó	Aprueba

	<b>PLAN DE DESARROLLO</b> <b>Plan para la elaboración del</b> <b>Inventario de Emisiones</b> <b>atmosféricas</b>	PD ITEM: 1-1	Página: 3 de: 18
	<b>INVENTARIO DE EMISIONES</b> <b>ATMOSFÉRICAS 2015</b>		
	<b>GADMA</b>		

### Representación de cálculos SO<sub>2</sub> para autobuses modelo 2015

$$E_{buses\ 2015}^{SO_2} = \frac{0,00378 \frac{57\ unidades}{galón} * 845 \frac{kg}{m^3} * 0,45}{0,0238 \frac{km}{1000}}$$


$$E_r^{SO_2} = 3,44 \frac{Ton}{año}$$

### Representación de cálculos CH<sub>4</sub> para autobuses modelo 2015

$$E_{buses\ 2015}^{CH_4} = \frac{57_{autobuses} * 90000 \frac{Km}{año} * 2,522 \frac{g}{Km}}{1000000}$$

$$E_{buses\ 2015}^{CH_4} = 12,939 \frac{Ton}{año}$$

Municipio de Ambato (GADMA)	Control y Gestión Ambiental	05/04/2016	Ambato	Lozada Andrés	Ing. Santiago Jácome	Ing. Santiago Jácome
Institución	Departamento	Fecha	Localización	Elaboró	Revisó	Aprueba

	<b>PLAN DE DESARROLLO</b> <b>Plan para la elaboración del</b> <b>Inventario de Emisiones</b> <b>atmosféricas</b>	PD ITEM: 1-1	Página: 4 de: 18
	<b>INVENTARIO DE EMISIONES</b> <b>ATMOSFÉRICAS 2015</b>		
	<b>GADMA</b>		

**Representación de cálculos N<sub>2</sub>O para la Cooperativa Tungurahua año 2015**

$$E_{buses\ 2015}^{NO_2} = \frac{0,00378 * \frac{57\ unidades}{0,0238\ \frac{galón}{Km}} * 845\ \frac{kg}{m^3} * 43\ \frac{TJ}{Gg} * 600\ \frac{kg}{TJ}}{100000000}$$


$$E_{buses\ 2015}^{CH_4} = 0.199\ \frac{Ton}{año}$$

**Representación de cálculos CO<sub>2</sub> para la Cooperativa Tungurahua año 2015**

$$E_{r2015}^{icaliente} = \frac{57\ autobuses * 90000\ \frac{Km}{año} * 849,90\ \frac{g}{Km}}{1000000}$$

$$E_{r2015}^{icaliente} = 4.359,98\ \frac{Ton}{año}$$

Municipio de Ambato (GADMA)	Control y Gestión Ambiental	05/04/2016	Ambato	Lozada Andrés	Ing. Santiago Jácome	Ing. Santiago Jácome
Institución	Departamento	Fecha	Localización	Elaboró	Revisó	Aprueba

	<b>PLAN DE DESARROLLO</b> <b>Plan para la elaboración del</b> <b>Inventario de Emisiones</b> <b>atmosféricas</b>	PD ITEM: 1-1	Página: 5 de: 18
	<b>INVENTARIO DE EMISIONES</b> <b>ATMOSFÉRICAS 2015</b>		
	<b>GADMA</b>		

**Representación de cálculos PM<sub>10</sub> desgaste de neumáticos para buses de la Cooperativa Tungurahua año 2015**

$$E_{buses\ 2015}^{icaliente} = \frac{57_{autobuses} * 90000 \frac{km}{año} * 18,56}{1000000000}$$

$$E_{buses}^{icaliente} = 0,095 \frac{Ton}{año}$$

**Representación de cálculos PM<sub>2.5</sub> desgaste de frenos para buses de la Cooperativa Tungurahua año 2015**

$$E_{buses\ 2015}^{icaliente} = \frac{57_{autobuses} * 90000 \frac{km}{año} * 26,90}{1000000000}$$


$$E_{buses\ 2015}^{icaliente} = 0,137 \frac{Ton}{año}$$

**Representación de cálculos PM<sub>10</sub> desgaste de pavimento para buses de la Cooperativa Tungurahua año 2015**

$$E_{buses\ 2015}^{icaliente} = \frac{57_{autobuses} * 90000 \frac{km}{año} * 32,25}{1000000000}$$

$$E_{buses}^{icaliente} = 0,18 \frac{Ton}{año}$$

Municipio de Ambato (GADMA)	Control y Gestión Ambiental	06/04/2016	Ambato	Lozada Andrés	Ing. Santiago Jácome	Ing. Santiago Jácome
Institución	Departamento	Fecha	Localización	Elaboró	Revisó	Aprueba

	<b>PLAN DE DESARROLLO</b> <b>Plan para la elaboración del</b> <b>Inventario de Emisiones</b> <b>atmosféricas</b>	PD ITEM: 1-1	Página: 6 de: 18
	<b>INVENTARIO DE EMISIONES</b> <b>ATMOSFÉRICAS 2015</b>		
	<b>GADMA</b>		

## ANEXO H.

### Elaboración de cálculos para fuentes fijas

#### Cálculo representativo emisión de NOx:

$$E_j^i = \frac{FE_j * ConDie}{2204000}$$

$$E_{NOx}^{PLANHOFA} = \frac{24 \frac{lb}{1000gal} * 4320 \frac{gal}{año}}{2204000}$$


$$E_{NOx}^{PLANHOFA} = 0,047 \frac{Ton}{año}$$

#### Cálculo representativo emisión de CO:

$$E_{NOx}^{PLANHOFA} = \frac{5 \frac{lb}{1000gal} * 4320 \frac{gal}{año}}{2204000}$$

$$E_{NOx}^{PLANHOFA} = 0,0098 \frac{Ton}{año}$$

Municipio de Ambato (GADMA)	Control y Gestión Ambiental	25/04/2016	Ambato	Lozada Andrés	Ing. Santiago Jácome	Ing. Santiago Jácome
Institución	Departamento	Fecha	Localización	Elaboró	Revisó	Aprueba

	<b>PLAN DE DESARROLLO</b> <b>Plan para la elaboración del</b> <b>Inventario de Emisiones</b> <b>atmosféricas</b>	PD ITEM: 1-1	Página: 7 de: 18
	<b>INVENTARIO DE EMISIONES</b> <b>ATMOSFÉRICAS 2015</b>		
	<b>GADMA</b>		

**Cálculo representativo emisión de SO<sub>2</sub>:**

$$E_{NOx}^{PLANHOFA} = \frac{63.9 \frac{\text{lb}}{1000\text{gal}} * 4320 \frac{\text{gal}}{\text{año}}}{2204000}$$

$$E_{NOx}^{PLANHOFA} = 0,125 \frac{\text{Ton}}{\text{año}}$$

**Cálculo representativo emisión de PM<sub>10</sub>:**

$$E_{NOx}^{PLANHOFA} = \frac{2,3 \frac{\text{lb}}{1000\text{gal}} * 4320 \frac{\text{gal}}{\text{año}}}{2204000}$$

$$E_{NOx}^{PLANHOFA} = 0,0045 \frac{\text{Ton}}{\text{año}}$$


**Cálculo representativo emisión de PM<sub>2,5</sub>:**

$$E_{NOx}^{PLANHOFA} = \frac{1,55 \frac{\text{lb}}{1000\text{gal}} * 4320 \frac{\text{gal}}{\text{año}}}{2204000}$$

$$E_{NOx}^{PLANHOFA} = 0,0030 \frac{\text{Ton}}{\text{año}}$$

Municipio de Ambato (GADMA)	Control y Gestión Ambiental	25/04/2016	Ambato	Lozada Andrés	Ing. Santiago Jácome	Ing. Santiago Jácome
Institución	Departamento	Fecha	Localización	Elaboró	Revisó	Aprueba



	<b>PLAN DE DESARROLLO</b> <b>Plan para la elaboración del</b> <b>Inventario de Emisiones</b> <b>atmosféricas</b>	PD ITEM: 1-1	Página: 8 de: 18
	<b>INVENTARIO DE EMISIONES</b> <b>ATMOSFÉRICAS 2015</b>		
	<b>GADMA</b>		

**Cálculo representativo emisión de COVNM:**

$$E_{NOx}^{PLANHOFA} = \frac{399,22 \frac{\text{lb}}{1000\text{gal}} * 4320 \frac{\text{gal}}{\text{año}}}{2204000}$$

$$E_{NOx}^{PLANHOFA} = 0,783 \frac{\text{Ton}}{\text{año}}$$

**Cálculo representativo emisión de CH<sub>4</sub>:**

$$E_{CH_4}^{PLANHOFA} = \frac{0,052 \frac{\text{lb}}{1000\text{gal}} * 4320 \frac{\text{gal}}{\text{año}}}{2204000}$$


$$E_{CH_4}^{PLANHOFA} = 0,00010 \frac{\text{Ton}}{\text{año}}$$

**Cálculo representativo emisión de N<sub>2</sub>O:**

$$E_{NO_2}^{PLANHOFA} = \frac{0,64 \frac{\text{lb}}{1000\text{gal}} * 4320 \frac{\text{gal}}{\text{año}}}{2204000}$$

$$E_{NO_2}^{PLANHOFA} = 0,00125 \frac{\text{Ton}}{\text{año}}$$

Municipio de Ambato (GADMA)	Control y Gestión Ambiental	06/04/2016	Ambato	Lozada Andrés	Ing. Santiago Jácome	Ing. Santiago Jácome
Institución	Departamento	Fecha	Localización	Elaboró	Revisó	Aprueba


	<b>PLAN DE DESARROLLO</b> <b>Plan para la elaboración del</b> <b>Inventario de Emisiones</b> <b>atmosféricas</b>	PD ITEM: 1-1	Página: 9 de: 18
	<b>INVENTARIO DE EMISIONES</b> <b>ATMOSFÉRICAS 2015</b>		
	<b>GADMA</b>		

**Cálculo representativo emisión de CO<sub>2</sub>:**

$$E_{CO_2}^{PLANHOFA} = \frac{22830 \frac{\text{lb}}{1000\text{gal}} * 4320 \frac{\text{gal}}{\text{año}}}{2204000}$$

$$E_{CO_2}^{PLANHOFA} = 44,748 \frac{\text{Ton}}{\text{año}}$$

Municipio de Ambato (GADMA)	Control y Gestión Ambiental	06/04/2016	Ambato	Lozada Andrés	Ing. Santiago Jácome	Ing. Santiago Jácome
Institución	Departamento	Fecha	Localización	Elaboró	Revisó	Aprueba


	<b>PLAN DE DESARROLLO</b> <b>Plan para la elaboración del</b> <b>Inventario de Emisiones</b> <b>atmosféricas</b>	PD ITEM: 1-1	Página: 10 de: 18
	<b>INVENTARIO DE EMISIONES</b> <b>ATMOSFÉRICAS 2015</b>		
	<b>GADMA</b>		

**Emisiones atmosféricas por contaminantes criterio para fuentes fijas**

**Tabla 38:** *Emisiones de NOx producidas por calderos Ambato*

EMPRESA	Consumo de Diésel Premium, gal/año	Factor de Emisión de NOx para Diésel Premium, lb/1000 gal	Emisión de NOx, ton/año
BIOALIMENTAR PARQUE INDUSTRIAL	72000	24	0,78402904
CETICUERO	2880	24	0,03136116
CURTIDURÍA ALDÁS	9000	24	0,09800363
CURTIDURÍA HIDALGO	11341,4	24	0,12349982
NAGÓN CUEROS	240	24	0,00261343
CURTIEMBRE PRODUCCIÓN CUERO	72	24	0,00078403
CURTIPIEL MARTINEZ	4272	24	0,04651906
CURTIDURIA TUNGURAHUA	6200	24	0,06751361
CAMAL AMBATO	8400	24	0,09147005
TENERIA DÍAZ	4080	24	0,04442831
TEXTILES INDUSTRIALES AMBATEÑOS S. A.	100000	24	1,08892922
ILA	4800	24	0,0522686
UNIDAD EDUCATIVA BOLÍVAR	1757,28	24	0,01913554
ESFORSE AMBATO	466499	24	0,50798439
TENERIA AGA	3840	24	0,04181488
LAVANDERÍAS NACIONALES	36000	24	0,39201452
LAVATINTEX	4000	24	0,04355717
IEES AMBATO	48000	24	0,52268603
PASTIFICIO AMBATO	6400	24	0,06969147
PLANHOFA	4320	24	0,04704174
PLASTICAUCHO	132000	24	1,43738657
PROMEPELL	4176	24	0,04547368
SUIZA DAJED	360	24	0,00392015


Municipio de Ambato (GADMA)	Control y Gestión Ambiental	16/05/2016	Ambato	Lozada Andrés	Ing. Santiago Jácome	Ing. Santiago Jácome
Institución	Departamento	Fecha	Localización	Elaboró	Revisó	Aprueba

	<b>PLAN DE DESARROLLO</b> <b>Plan para la elaboración del</b> <b>Inventario de Emisiones</b> <b>atmosféricas</b>	PD ITEM: 1-1	Página: 11 de: 18
	<b>INVENTARIO DE EMISIONES</b> <b>ATMOSFÉRICAS 2015</b>		
	<b>GADMA</b>		

**Tabla 39:** Emisiones de CO producidas por calderos Ambato

EMPRESA	Consumo de Diésel Premium, gal/año	Factor de Emisión de CO para Diésel Premium, lb/1000 gal	Emisión de CO ton/año
BIOALIMENTAR PARQUE INDUSTRIAL	72000	5	0,16333938
CETICUERO	2880	5	0,00653358
CURTIDURÍA ALDÁS	9000	5	0,02041742
CURTIDURÍA HIDALGO	11341,4	5	0,02572913
NAGÓN CUEROS	240	5	0,00054446
CURTIEMBRE PRODUCCIÓN CUERO	72	5	0,00016334
CURTIPIEL MARTINEZ	4272	5	0,00969147
CURTIDURIA TUNGURAHUA	6200	5	0,01406534
CAMAL AMBATO	8400	5	0,01905626
TENERIA DÍAZ	4080	5	0,0092559
TEXTILES INDUSTRIALES	100000	5	0,22686025
AMBATEÑOS S. A.	4800	5	0,01088929
ILA	1757,28	5	0,00398657
UNIDAD EDUCATIVA BOLÍVAR	46649,9	5	0,10583008
ESFORSE AMBATO	3840	5	0,00871143
TENERIA AGA	36000	5	0,08166969
LAVANDERÍAS NACIONALES	4000	5	0,00907441
LAVATINTEX	48000	5	0,10889292
IEES AMBATO	6400	5	0,01451906
PASTIFICIO AMBATO	4320	5	0,00980036
PLANHOFA	132000	5	0,29945554
PLASTICAUCHO	4176	5	0,00947368
PROMEPELL	360	5	0,0008167
SUIZA DAJED			


Municipio de Ambato (GADMA)	Control y Gestión Ambiental	16/05/2016	Ambato	Lozada Andrés	Ing. Santiago Jácome	Ing. Santiago Jácome
Institución	Departamento	Fecha	Localización	Elaboró	Revisó	Aprueba

	<b>PLAN DE DESARROLLO</b> <b>Plan para la elaboración del</b> <b>Inventario de Emisiones</b> <b>atmosféricas</b>	PD ITEM: 1-1	Página: 12 de: 18
	<b>INVENTARIO DE EMISIONES</b> <b>ATMOSFÉRICAS 2015</b>		
	<b>GADMA</b>		

**Tabla 40:** Emisiones de SO<sub>2</sub> producidas por calderos Ambato

EMPRESA	Consumo de Diésel Premium, gal/año	Factor de Emisión de SO <sub>2</sub> para Diésel Premium, lb/1000 gal	Emisión de SO <sub>2</sub> ton/año
BIOALIMENTAR PARQUE INDUSTRIAL	72000	63.9	2,087477314
CETICUERO	2880	63.9	0,083499093
CURTIDURÍA ALDÁS	9000	63.9	0,260934664
CURTIDURÍA HIDALGO	11341,4	63.9	0,328818267
NAGÓN CUEROS	240	63.9	0,006958258
CURTIEMBRE PRODUCCIÓN CUERO	72	63.9	0,002087477
CURTIPIEL MARTINEZ	4272	63.9	0,123856987
CURTIDURIA TUNGURAHUA	6200	63.9	0,179754991
CAMAL AMBATO	8400	63.9	0,24353902
TENERIA DÍAZ	4080	63.9	0,118290381
TEXTILES INDUSTRIALES AMBATEÑOS S. A.	100000	63.9	2,899274047
ILA	4800	63.9	0,139165154
UNIDAD EDUCATIVA BOLÍVAR	1757,28	63.9	0,050948363
ESFORSE AMBATO	46649,9	63.9	1,352508444
TENERIA AGA	3840	63.9	0,111332123
LAVANDERÍAS NACIONALES	36000	63.9	1,043738657
LAVATINTEX	4000	63.9	0,115970962
IEES AMBATO	48000	63.9	1,391651543
PASTIFICIO AMBATO	6400	63.9	0,185553539
PLANHOFA	4320	63.9	0,125248639
PLASTICAUCHO	132000	63.9	3,827041742
PROMEPELL	4176	63.9	0,121073684
SUIZA DAJED	360	63.9	0,010437387


Municipio de Ambato (GADMA)	Control y Gestión Ambiental	17/05/2016	Ambato	Lozada Andrés	Ing. Santiago Jácome	Ing. Santiago Jácome
Institución	Departamento	Fecha	Localización	Elaboró	Revisó	Aprueba

	<b>PLAN DE DESARROLLO</b> <b>Plan para la elaboración del</b> <b>Inventario de Emisiones</b> <b>atmosféricas</b>	PD ITEM: 1-1	Página: 13 de: 18
	<b>INVENTARIO DE EMISIONES</b> <b>ATMOSFÉRICAS 2015</b>		
	<b>GADMA</b>		

**Tabla 41:** Emisiones de PM10 producidas por calderos Ambato

EMPRESA	Consumo de Diésel Premium, gal/año	Factor de Emisión de PM <sub>10</sub> para Diésel Premium, lb/1000 gal	Emisión de PM <sub>10</sub> , ton/año
BIOALIMENTAR PARQUE INDUSTRIAL	72000	2,3	0,07513612
CETICUERO	2880	2,3	0,00300544
CURTIDURÍA ALDÁS	9000	2,3	0,00939201
CURTIDURÍA HIDALGO	11341,4	2,3	0,0118354
NAGÓN CUEROS	240	2,3	0,00025045
CURTIEMBRE PRODUCCIÓN CUERO	72	2,3	7,5136E-05
CURTIPIEL MARTINEZ	4272	2,3	0,00445808
CURTIDURIA TUNGURAHUA	6200	2,3	0,00647005
CAMAL AMBATO	8400	2,3	0,00876588
TENERIA DÍAZ	4080	2,3	0,00425771
TEXTILES INDUSTRIALES			
AMBATEÑOS S. A.	100000	2,3	0,10435572
ILA	4800	2,3	0,00500907
UNIDAD EDUCATIVA BOLÍVAR	1757,28	2,3	0,00183382
ESFORSE AMBATO	46649,9	2,3	0,04868184
TENERIA AGA	3840	2,3	0,00400726
LAVANDERÍAS NACIONALES	36000	2,3	0,03756806
LAVATINTEX	4000	2,3	0,00417423
IEES AMBATO	48000	2,3	0,05009074
PASTIFICIO AMBATO	6400	2,3	0,00667877
PLANHOFA	4320	2,3	0,00450817
PLASTICAUCHO	132000	2,3	0,13774955
PROMEPELL	4176	2,3	0,00435789
SUIZA DAJED	360	2,3	0,00037568


Municipio de Ambato (GADMA)	Control y Gestión Ambiental	17/05/2016	Ambato	Lozada Andrés	Ing. Santiago Jácome	Ing. Santiago Jácome
Institución	Departamento	Fecha	Localización	Elaboró	Revisó	Aprueba

	<b>PLAN DE DESARROLLO</b> <b>Plan para la elaboración del</b> <b>Inventario de Emisiones</b> <b>atmosféricas</b>	PD ITEM: 1- 1	Página: 14 de: 18
	<b>INVENTARIO DE EMISIONES</b> <b>ATMOSFÉRICAS 2015</b>		
	<b>GADMA</b>		

**Tabla 42:** Emisiones de COVNM producidas por calderos Ambato

EMPRESA	Consumo de Diésel Premium, gal/año	Factor de Emisión de COVNM para Diésel Premium, lb/1000 gal	Emisión de COVNM ton/año
BIOALIMENTAR PARQUE INDUSTRIAL	72000	399,22	13,04167
CETICUERO	2880	399,22	0,52167
CURTIDURÍA ALDÁS	9000	399,22	1,63021
CURTIDURÍA HIDALGO	11341,4	399,22	2,05432
NAGÓN CUEROS	240	399,22	0,04347
CURTIEMBRE PRODUCCIÓN CUERO	72	399,22	0,01304
CURTIPIEL MARTINEZ	4272	399,22	0,77381
CURTIDURIA TUNGURAHUA	6200	399,22	1,12303
CAMAL AMBATO	8400	399,22	1,52153
TENERIA DÍAZ	4080	399,22	0,73903
TEXTILES INDUSTRIALES			
AMBATEÑOS S. A.	100000	399,22	18,11343
ILA	4800	399,22	0,86944
UNIDAD EDUCATIVA BOLÍVAR	1757,28	399,22	0,31830
ESFORSE AMBATO	46649,9	399,22	8,44990
TENERIA AGA	3840	399,22	0,69556
LAVANDERÍAS NACIONALES	36000	399,22	6,52083
LAVATINTEX	4000	399,22	0,72454
IEES AMBATO	48000	399,22	8,69445
PASTIFICIO AMBATO	6400	399,22	1,15926
PLANHOFA	4320	399,22	0,78250
PLASTICAUCHO	132000	399,22	23,90973
PROMEPELL	4176	399,22	0,75642
SUIZA DAJED	360	399,22	0,06521

Municipio de Ambato (GADMA)	Control y Gestión Ambiental	17/05/2016	Ambato	Lozada Andrés	Ing. Santiago Jácome	Ing. Santiago Jácome
Institución	Departamento	Fecha	Localización	Elaboró	Revisó	Aprueba


	<b>PLAN DE DESARROLLO</b> <b>Plan para la elaboración del</b> <b>Inventario de Emisiones</b> <b>atmosféricas</b>	PD ITEM: 1- 1	Página: 15 de: 18
	<b>INVENTARIO DE EMISIONES</b> <b>ATMOSFÉRICAS 2015</b>		
	<b>GADMA</b>		

**Tabla 43:** Emisiones de PM2.5 producidas por calderos Ambato

EMPRESA	Consumo de Diésel Premium, gal/año	Factor de Emisión de PM2.5 para Diésel Premium, lb/1000 gal	Emisión, de PM2.5 ton/año
BIOALIMENTAR PARQUE INDUSTRIAL	72000	1,55	0,05064
CETICUERO	2880	1,55	0,00203
CURTIDURÍA ALDÁS	9000	1,55	0,00633
CURTIDURÍA HIDALGO	11341,4	1,55	0,00798
NAGÓN CUEROS	240	1,55	0,00017
CURTIEMBRE PRODUCCIÓN CUERO	72	1,55	0,00005
CURTIPIEL MARTINEZ	4272	1,55	0,00300
CURTIDURIA TUNGURAHUA	6200	1,55	0,00436
CAMAL AMBATO	8400	1,55	0,00591
TENERIA DÍAZ	4080	1,55	0,00287
TEXTILES INDUSTRIALES			
AMBATEÑOS S. A.	100000	1,55	0,07033
ILA	4800	1,55	0,00338
UNIDAD EDUCATIVA BOLÍVAR	1757,28	1,55	0,00124
ESFORSE AMBATO	46649,9	1,55	0,03281
TENERIA AGA	3840	1,55	0,00270
LAVANDERÍAS NACIONALES	36000	1,55	0,02532
LAVATINTEX	4000	1,55	0,00281
IEES AMBATO	48000	1,55	0,03376
PASTIFICIO AMBATO	6400	1,55	0,00450
PLANHOFA	4320	1,55	0,00304
PLASTICAUCHO	132000	1,55	0,09283
PROMEPELL	4176	1,55	0,00294
SUIZA DAJED	360	1,55	0,00025

Municipio de Ambato (GADMA)	Control y Gestión Ambiental	18/05/2016	Ambato	Lozada Andrés	Ing. Santiago Jácome	Ing. Santiago Jácome
Institución	Departamento	Fecha	Localización	Elaboró	Revisó	Aprueba



	<b>PLAN DE DESARROLLO</b> <b>Plan para la elaboración del</b> <b>Inventario de Emisiones</b> <b>atmosféricas</b>	PD ITEM: 1-1	Página: 16 de: 18
	<b>INVENTARIO DE EMISIONES</b> <b>ATMOSFÉRICAS 2015</b>		
	<b>GADMA</b>		

**Tabla 44:** Emisiones de CH<sub>4</sub> producidas por calderos Ambato

EMPRESA	Consumo de Diésel Premium, gal/año	Factor de Emisión de CH <sub>4</sub> para Diésel Premium, lb/1000 gal	Emisión de CH <sub>4</sub> ton/año
BIOALIMENTAR PARQUE INDUSTRIAL	72000	0,052	0,00170
CETICUERO	2880	0,052	0,00007
CURTIDURÍA ALDÁS	9000	0,052	0,00021
CURTIDURÍA HIDALGO	11341,4	0,052	0,00027
NAGÓN CUEROS	240	0,052	0,00001
CURTIEMBRE PRODUCCIÓN CUERO	72	0,052	0,00000
CURTIPIEL MARTINEZ	4272	0,052	0,00010
CURTIDURIA TUNGURAHUA	6200	0,052	0,00015
CAMAL AMBATO	8400	0,052	0,00020
TENERIA DÍAZ	4080	0,052	0,00010
TEXTILES INDUSTRIALES	100000	0,052	0,00236
AMBATEÑOS S. A.	4800	0,052	0,00011
ILA	4800	0,052	0,00011
UNIDAD EDUCATIVA BOLÍVAR	1757,28	0,052	0,00004
ESFORSE AMBATO	46649,9	0,052	0,00110
TENERIA AGA	3840	0,052	0,00009
LAVANDERÍAS NACIONALES	36000	0,052	0,00085
LAVATINTEX	4000	0,052	0,00009
IEES AMBATO	48000	0,052	0,00113
PASTIFICIO AMBATO	6400	0,052	0,00015
PLANHOFA	4320	0,052	0,00010
PLASTICAUCHO	132000	0,052	0,00311
PROMEPELL	4176	0,052	0,00010
SUIZA DAJED	360	0,052	0,00001
EMPRESAS RESTANTES	1149125,42	0,052	0,02711
		<b>Total</b>	<b>0,03916</b>

Municipio de Ambato (GADMA)	Control y Gestión Ambiental	18/05/2016	Ambato	Lozada Andrés	Ing. Santiago Jácome	Ing. Santiago Jácome
-----------------------------	-----------------------------	------------	--------	---------------	----------------------	----------------------

	<b>PLAN DE DESARROLLO</b> <b>Plan para la elaboración del</b> <b>Inventario de Emisiones</b> <b>atmosféricas</b>			PD ITEM: 1-1	Página: 17 de: 18	
	<b>INVENTARIO DE EMISIONES</b> <b>ATMOSFÉRICAS 2015</b>					
	<b>GADMA</b>					
Institución	Departamento	Fecha	Localización	Elaboró	Revisó	Aprueba

**Tabla 45:** Emisiones de N<sub>2</sub>O producidas por calderos Ambato

EMPRESA	Consumo de Diésel Premium, gal/año	Factor de Emisión de N <sub>2</sub> O para Diésel Premium, lb/1000 gal	Emisión de N <sub>2</sub> O ton/año
BIOALIMENTAR PARQUE INDUSTRIAL	72000	0,64	0,02091
CETICUERO	2880	0,64	0,00084
CURTIDURÍA ALDÁS	9000	0,64	0,00261
CURTIDURÍA HIDALGO	11341,4	0,64	0,00329
NAGÓN CUEROS	240	0,64	0,00007
CURTIEMBRE PRODUCCIÓN CUERO	72	0,64	0,00002
CURTIPIEL MARTINEZ	4272	0,64	0,00124
CURTIDURIA TUNGURAHUA	6200	0,64	0,00180
CAMAL AMBATO	8400	0,64	0,00244
TENERIA DÍAZ	4080	0,64	0,00118
TEXTILES INDUSTRIALES AMBATEÑOS S. A.	100000	0,64	0,02904
ILA	4800	0,64	0,00139
UNIDAD EDUCATIVA BOLÍVAR	1757,28	0,64	0,00051
ESFORSE AMBATO	46649,9	0,64	0,01355
TENERIA AGA	3840	0,64	0,00112
LAVANDERÍAS NACIONALES	36000	0,64	0,01045
LAVATINTEX	4000	0,64	0,00116
IEES AMBATO	48000	0,64	0,01394
PASTIFICIO AMBATO	6400	0,64	0,00186
PLANHOFA	4320	0,64	0,00125
PLASTICAUCHO	132000	0,64	0,03833
PROMEPELL	4176	0,64	0,00121
SUIZA DAJED	360	0,64	0,00010
EMPRESAS RESTANTES	1149125,42	0,64	0,33368
		<b>Total</b>	<b>0,48201</b>

Municipio de Ambato (GADMA)	Control y Gestión Ambiental	18/05/2016	Ambato	Lozada Andrés	Ing. Santiago Jácome	Ing. Santiago Jácome
-----------------------------	-----------------------------	------------	--------	---------------	----------------------	----------------------

	<b>PLAN DE DESARROLLO</b> <b>Plan para la elaboración del</b> <b>Inventario de Emisiones</b> <b>atmosféricas</b>			PD ITEM: 1-1	Página: 18 de: 18	
	<b>INVENTARIO DE EMISIONES</b> <b>ATMOSFÉRICAS 2015</b>					
	<b>GADMA</b>					
Institución	Departamento	Fecha	Localización	Elaboró	Revisó	Aprueba

**Tabla 46:** Emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por calderos Ambato

EMPRESA	Consumo de Diésel Premium, gal/año	Factor de Emisión de CO <sub>2</sub> para Diésel Premium, lb/1000 gal	Emisión de CO <sub>2</sub> ton/año
BIOALIMENTAR PARQUE INDUSTRIAL	72000	22830	745,808
CETICUERO	2880	22830	29,832
CURTIDURÍA ALDÁS	9000	22830	93,226
CURTIDURÍA HIDALGO	11341,4	22830	117,479
NAGÓN CUEROS	240	22830	2,486
CURTIEMBRE PRODUCCIÓN CUERO	72	22830	0,746
CURTIPIEL MARTINEZ	4272	22830	44,251
CURTIDURIA TUNGURAHUA	6200	22830	64,222
CAMAL AMBATO	8400	22830	87,011
TENERIA DÍAZ	4080	22830	42,262
TEXTILES INDUSTRIALES	100000	22830	1035,844
AMBATEÑOS S. A.	4800	22830	49,721
ILA	1757,28	22830	18,203
UNIDAD EDUCATIVA BOLÍVAR	46649,9	22830	483,220
ESFORSE AMBATO	3840	22830	39,776
TENERIA AGA	36000	22830	372,904
LAVANDERÍAS NACIONALES	4000	22830	41,434
LAVATINTEX	48000	22830	497,205
IEES AMBATO	6400	22830	66,294
PASTIFICIO AMBATO	4320	22830	44,748
PLANHOFA	132000	22830	1367,314
PLASTICAUCHO	4176	22830	43,257
PROMEPELL	360	22830	3,729
SUIZA DAJED			

Municipio de Ambato (GADMA)	Control y Gestión Ambiental	18/05/2016	Ambato	Lozada Andrés	Ing. Santiago Jácome	Ing. Santiago Jácome
Institución	Departamento	Fecha	Localización	Elaboró	Revisó	Aprueba