



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA,
MINAS, PETRÓLEOS Y AMBIENTAL**

ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS DE GRADO

**PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIEROS AMBIENTALES**

**INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS A PARTIR DE FUENTES
FIJAS, MÓVILES Y DE ÁREA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA**

Autores:

**ADRIÁN ALEJANDRO ROMERO TAPIA
PATRICIO DAVID VACA ALMEIDA**

Tribunal:

Tutor: Ing. Eduardo Espín
Primer Vocal: Dr. Arturo Bastidas
Segundo Vocal: Ing. Luis Aguirre

QUITO – ECUADOR

MAYO – 2012

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

En calidad de miembros del Tribunal de Grado, designados por la Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental de la Universidad Central del Ecuador, declaramos que:

La Tesis: "INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS A PARTIR DE FUENTES FIJAS, MÓVILES Y DE ÁREA EN LA CIUDAD DE LATACUNGA", realizada por los señores: ADRIÁN ALEJANDRO ROMERO TAPIA – PATRICIO DAVID VACA ALMEIDA, ha sido revisada y verificada.

Por lo tanto damos fe de la originalidad del presente trabajo.-

MIEMBROS DEL TRIBUNAL



Ing. Eduardo Espín

TUTOR



Dr. Arturo Bastidas
PRIMER MIEMBRO



Ing. Luis Aguirre
SEGUNDO MIEMBRO

AUTORIZACIÓN DE LA AUTORÍA INTELECTUAL

Nosotros, Adrián Alejandro Romero Tapia – Patricio David Vaca Almeida, en calidad de autores de la tesis realizada sobre “Inventario de emisiones atmosféricas a partir de fuentes fijas, fuentes móviles y de área en la ciudad de Latacunga”, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que nos pertenecen o de parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autores nos corresponden con excepción de la presente autorización seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento

Quito DM, a 09 de Mayo del 2012



ADRIÁN ALEJANDRO ROMERO TAPIA

CI: 1716922230



PATRICIO DAVID VACA ALMEIDA

CI: 1721120424

AGRADECIMIENTO

Inefable, gozar de este momento de dicha provisto por Dios para agradecer precisamente a su Nombre por la valiosa ayuda, bendición y esculpida que a cada paso de mi vida ha diseñado, por ello, no alcanzaría a descifrar con palabras la gratitud hacia el Dios vivo que llena día a día mi caminar, incluso habiendo colocado a todas las personas que Él estimó necesarias para forjar mi sendero.

Gracias a mis amados padres que acompañaron con todo su ser, el trayecto hasta llegar a esta culminación, con todos los aditamentos que pudiera necesitar en cada fase, en este lineamiento de cercanía, agradezco a mi amiga, compañera, novia y esposa que ha dotado de alegría mi entorno, con su sonrisa y carisma, así como por su apoyo y empuje. A mis suegros: Hernansito y Fannisita que pudieron animar con su tenacidad y gran calidez mi proseguir.

A la Universidad Central del Ecuador; Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental (FIGEMPA), a los profesores que con su saber sembraron conocimiento y experiencia; a la multivariedad de compañeros y amigos que matizaron con maravillosas experiencias y buenos albores, el diario estudiar en clases y fuera de ellas. A los miembros del tribunal: Ing. Eduardo Espín, Dr. Arturo Bastidas e Ing. Luis Aguirre, que pudieron ir tallando este trabajo de investigación, hasta llevarlo a la cúspide.

Asimismo es un gusto, agradecer a aquellas personas que incentivaron, colaboraron y acompañaron de alguna forma este largo trayecto, hacia la consecución de los objetivos, Ing. Patricio Sánchez, Ing. Héctor Ortiz, Dra. Ruth Molina, que Dios colme de bendiciones a todos los mencionados en este segmento de gratitud.

Adrián R.

Ec 2:24

DEDICATORIA

“Te haré entender y te enseñaré el camino en que debes andar; sobre ti fijaré mis ojos...” Sal 32:8 Es Aquel Formidable Creador que todo lo hizo perfecto, por ello, al acercarse a lo más íntimo y entrañable de mi vida, de mi ser, de mi vivir, me complace dedicar este pequeño pero arduo trabajo a mi Dios, mis padres: Rubén y Mariana; y a mi esposa: Ximenita E., cada componente que Dios ha dispuesto en el horizonte que nos hace caminar, es para disfrutar... en compañía de quienes más se ama, comprendiendo la esencia de la vida que Dios ha colocado en nuestro ser...

Gratitud y lo mejor de mi ceder, amor, cariño y entrega...

DIOS

PADRES

ESPOSA

Att.

Adrián R.

Jn 15:5

Agradecimiento

A mi Dios por haber dado el regalo más preciado, la vida.

A mis padres y hermanos que siempre estuvieron cerca con una palabra de aliento, confort, y de amor hacia a mí, me resbale sí, pero gracias a ellos me levante con más fuerza

A la Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental por haber abierto las puertas para cumplir un objetivo planteado cuando niño, a mis maestros por compartir sus conocimientos y experiencias, a mis compañeros de aula, a mis amigos ellos hicieron más fácil el trajín diario.

A los miembros del tribunal Ing. Eduardo Espín, Dr. Arturo Bastidas, Ing. Luis Aguirre, por la colaboración prestada y lograr la consecución de este trabajo

Al Ing. Patricio Sánchez, Ing. Héctor Ortiz, Dra. Ruth Molina por la apertura y facilidades que brindaron durante este tiempo.

pdVA

Dedicatoria

Esto es una pequeña retribución para mis papis Patricio y Rocío

Mis hermanos Alejandro y Gabriela

Y para mi guagua como yo le llamo Alejita eres realmente el aliento de vida cada mañana

Esta es mi familia y la amo

pdVA

RESUMEN DOCUMENTAL

Tesis describe: Inventario de emisiones atmosféricas a partir de fuentes fijas, móviles y de área en la ciudad de Latacunga. **Objetivo General:** Elaborar el inventario de emisiones atmosféricas a partir de fuente fijas, móviles y de área en la ciudad de Latacunga. **Problema:** La deficiencia de los estudios de la gestión calidad del aire en cada ciudad a nivel nacional da una idea imprecisa de la situación actual de contaminantes en la atmosfera. **Hipótesis:** Realizando el inventario de emisiones atmosféricas a partir de fuentes fijas, móviles y de área se contribuirá a la fase inicial de la gestión de la contaminación atmosférica en la ciudad de Latacunga. **Marco Referencial:** La ciudad de Latacunga está ubicada en la provincia de Cotopaxi en el cantón del mismo nombre, en la hoya del Patate. **Marco Metodológico:** la investigación fue desarrollada con material bibliográfico y consulta a profesores, complementada de visitas de campo a los sectores industriales, comerciales y estaciones de servicio, de la ciudad de Latacunga además de la agencia nacional de transito, y las principales vías de tráfico vehicular, para obtener información de consumo y tipo de combustible, composición del parque automotor, distancia promedio recorrido, factores de emisión. **Marco Teórico:** información del área de estudio, año base, descripción de las fuentes evaluadas, cuantificación de contaminantes considerados, evaluación de la incertidumbre. **Conclusión General:** Se cuantificó un total de 2711 toneladas de NO_x de las cuales el 96% son de las fuentes móviles y 4 de las fijas, 9764 toneladas de CO el 97% fuentes móviles y 3% fijas, 172 toneladas de PM₁₀ el 76% de fuentes móviles y 24% de fijas, 129 toneladas de PM_{2.5} el 85% fuentes móviles y el 15% de fijas y

finalmente 520 toneladas de SO₂ el 30% representan las fuentes móviles y el 70% las fijas. **Recomendación General:** Continuar con la gestión de la contaminación atmosférica de la ciudad de Latacunga, ahora que se cuenta con el inventario de emisiones.

DESCRIPTORES: <INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS>
<CIUDAD DE LATACUNGA> <LEGISLACIÓN AMBIENTAL –
CONTAMINANTES > <FUENTES FIJAS – INDUSTRIAS> <FUENTES
MÓVILES – VEHÍCULOS> <FACTORES DE EMISION – EPA> <EMISIÓN
TOTAL – GASES > <EMISIÓN TOTAL - PARTÍCULAS> < EVALUACIÓN
INCERTIDUMBRE – DARS>

CATEGORIAS TEMATICAS:<CP- INGENIERÍA EN AMBIENTAL> <CP-
INVENTARIO EMISIONES ATMOSFÉRICAS> < METODOLOGÍA
FACTORES DE EMISION >

DOCUMENT SUMMARY

This thesis describes: Inventory of air emissions from stationary sources, mobile and area in the city of Latacunga. **General Objective:** Develop an inventory of air emissions from stationary sources, mobile and area in the city of Latacunga. **Problem:** The deficiency of the studies of air quality management in every city nationwide gives a vague idea of the current situation of pollutants in the atmosphere. **Hypothesis:** Performing an inventory of air emissions from stationary sources, mobile and area will contribute to the initial phase of the management of air pollution in the city of Latacunga. **Refential framework:** The city of Latacunga is located in the province of Cotopaxi in the canton of the same name, in the valley of Patate. **Methodological framework:** the study was developed with library materials and consultation to teachers, supplemented by field visits to industrial, commercial and service stations in the city of Latacunga in addition to national transit agency, and major traffic routes vehicle for information consumption and fuel type, vehicle fleet composition, average distance traveled, emission factors. **Theoretical Framework:** information of the study area, the base year, description of the sources evaluated, quantification of pollutants considered, evaluation of uncertainty. **General Conclusion:** We measured a total of 2711 tons of NO_x which 96% are from mobile sources and 4 of the fixed 9764 tons of CO from mobile sources 97% and 3% fixed, 172 tons of PM₁₀ 76% mobile sources and 24% fixed, 129 tons of PM_{2.5} from mobile sources 85% and 15% of fixed and finally 520 tons of SO₂ by 30% and mobile sources represent 70% fixed. **General Recommendation:** Continue with the management of air pollution in the city of Latacunga, now that it has the emissions inventory.

DESCRIPTORS: < INVENTORY OF AIR EMISSIONS > < LATACUNGA CITY >

< ENVIRONMENTAL LEGISLATION – POLLUTANTS > < STATIONARY SOURCES - INDUSTRIES > < MOBILE SOURCES – CAR> < EMISSION FACTORS – EPA> < TOTAL EMISSION - GASEOUS POLLUTANTS> < TOTAL EMISSION – PARTICLES> <UNCERTAINTY EVALUATION – DARS>

THEMATIC CATEGORIES

<CP-ENVIRONMENTAL ENGINEERING > <CP - INVENTORY OF AIR EMISSIONS > <CS- METHODOLOGY EMISSION FACTORS >

ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.3	OBJETIVOS	3
1.3.1	General.....	3
1.3.2	Específicos	3
1.4	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO	4
1.5	HIPÓTESIS	5
1.6	DEFINICIÓN DE VARIABLES	6
2.	MARCO TEÓRICO.....	7
2.1	ANTECEDENTES	7
2.2	ÁREA DE ANÁLISIS Y AÑO BASE	9
2.3	INFORMACIÓN GENERAL DE LA CIUDAD DE LATACUNGA	9
2.3.1	Historia.....	11
2.3.2	Ubicación, topografía y meteorología	15
2.3.2.1	Ubicación.....	16
2.3.3	Categorías de usos de suelo.....	23
2.3.3.1	Tipos y calidad de suelos	24
2.3.4	Consumo de combustible.....	28
2.3.5	Calidad del Aire.....	30
3.	MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL	32
3.1	CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR.....	32
3.2	LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL, CODIFICACIÓN 19	36

3.3	LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.....	38
3.4	TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA	39
4.	ANÁLISIS DE CONTAMINANTES A CONSIDERAR	46
4.1	MATERIAL PARTICULADO (PM ₁₀ , PM _{2.5}).....	47
4.1.1	Composición general del material particulado	49
4.1.2	Fuentes de material particulado	51
4.1.3	Mediciones del material particulado PM ₁₀	52
4.1.4	Efectos del PM ₁₀ , PM _{2.5} sobre la salud	53
4.2	DIÓXIDO DE AZUFRE	56
4.3	DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO _x).....	58
4.4	MONÓXIDO DE CARBONO	60
4.5	FUENTES EVALUADAS	63
4.5.1	Fuentes Móviles.....	64
4.5.2	Fuentes fijas	64
4.5.3	Fuentes de área.....	64
4.6	METODOLOGÍA DE CÁLCULO	65
4.6.1	Muestreo en la fuente	65
4.6.2	Modelo de emisiones	65
4.6.3	Balance de materiales.....	66
4.6.4	Factores de emisión.....	66
4.7	INVENTARIO DE EMISIONES	67
4.7.1	Emisión de las fuentes móviles	67
4.7.1.1	Emisiones en Caliente	69
4.7.1.1.1	Composición del Parque Automotor	70
4.7.1.1.2	Distancia Recorrida por Vehículos	74
4.7.1.1.3	Factores de Emisión	77
4.7.1.2	Emisiones de NO _x	83

4.7.1.3	Emisiones de CO	86
4.7.1.4	Emisiones de material particulado.....	89
4.7.1.4.1	Emisiones de PM ₁₀	89
4.7.1.4.2	Emisiones de PM _{2.5}	92
4.7.1.5	Emisiones de material particulado por desgaste	95
4.7.1.5.1	Emisiones por desgaste de neumáticos	96
4.7.1.5.2	Emisión por desgaste de pavimento (rodadura)	99
4.7.1.5.3	Emisión por desgaste de frenos	102
4.7.1.6	Emisión total de material particulado PM ₁₀ y PM _{2.5}	105
4.7.1.7	Emisiones de SO ₂	107
4.7.1.7.1	Propiedades de los combustibles.....	107
4.7.1.8	Resumen de las emisiones de fuentes móviles totales del cantón Latacunga	109
4.7.2	Emisiones de las fuentes fijas	111
4.7.2.1	Emisiones de contaminantes por consumo de GLP	114
4.7.2.1.1	Emisiones de NOx en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen GLP en el cantón Latacunga.....	116
4.7.2.1.2	Emisiones de CO en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen GLP en el cantón Latacunga.....	118
4.7.2.1.3	Emisiones de PM ₁₀ y 2,5 en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen GLP en el cantón Latacunga.....	119
4.7.2.1.4	Emisión Total de Contaminantes en el año 2010, por combustión de GLP en el cantón Latacunga	122
4.7.2.2	Emisiones de Contaminantes por consumo de Diesel 2.....	123
4.7.2.2.1	Emisiones de NOx en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen diesel 2 en el cantón Latacunga.....	125
4.7.2.2.2	Emisiones de CO en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen Diesel 2 en el cantón Latacunga	128
4.7.2.2.3	Emisiones de SO ₂ en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen Diesel 2 en el cantón Latacunga	130

4.7.2.2.4	Emisiones de PM10 en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen Diesel 2 en el cantón Latacunga	133
4.7.2.2.5	Emisiones de PM2.5 en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen Diesel 2 en el cantón Latacunga	136
4.7.2.2.6	Emisión total de contaminantes en el año 2010, por combustión de Diesel 2 en el cantón Latacunga.....	139
4.7.2.3	Emisiones de Contaminantes por consumo de Gasolina	140
4.7.2.3.1	Emisiones de NOx en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen Gasolina en el cantón Latacunga	142
4.7.2.3.2	Emisiones de CO en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen Gasolina en el cantón Latacunga	144
4.7.2.3.3	Emisiones de SO ₂ en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen Gasolina en el cantón Latacunga	146
4.7.2.3.4	Emisiones de PM10 y PM2.5 en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen Gasolina en el cantón Latacunga	148
4.7.2.3.5	Emisión Total de Contaminantes en el año 2010, por combustión de Gasolina en el cantón Latacunga	152
4.7.2.4	Emisiones de Contaminantes por consumo de Bunker	153
4.7.2.4.1	Emisiones de NOx en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen Búnker en el cantón Latacunga.....	155
4.7.2.4.2	Emisiones de CO en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen Búnker en el cantón Latacunga.....	156
4.7.2.4.3	Emisiones de SO ₂ en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen Búnker en el cantón Latacunga.....	157
4.7.2.4.4	Emisiones de PM ₁₀ en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen Búnker en el cantón Latacunga.....	158
4.7.2.4.5	Emisiones de PM _{2.5} en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen Búnker en el cantón Latacunga.....	159
4.7.2.4.6	Emisión Total de Contaminantes en el año 2010, por combustión de Búnker en el cantón Latacunga	160
4.7.2.5	Emisión total de contaminantes atmosféricos de fuentes fijas por consumo de combustible.....	161

4.7.2.6	Emisión de contaminantes atmosféricos de fuentes fijas por proceso productivo.....	162
4.7.2.6.1	Aglomerados Cotopaxi.....	164
4.7.2.6.2	HOLCIM.....	165
4.7.2.6.3	NOVACERO	166
4.7.2.6.4	CEDAL.....	167
4.7.2.6.5	Familia Sancela	168
4.7.2.6.6	Emisiones Totales de Fuentes Fijas por Producción	169
4.7.2.7	Emisión total de contaminantes en al año 2010 a partir de fuentes fijas por consumo de combustible y por producción	170
4.7.3	Emisiones de contaminantes fuentes de área.....	171
4.7.3.1	Consumo de leña.....	171
4.7.3.2	Emisiones de NOx en el año 2010 a partir de fuentes de área que consumen Leña en el cantón Latacunga	173
4.7.3.3	Emisiones de CO en el año 2010 a partir de fuentes área que consumen Leña en el cantón Latacunga	174
4.7.3.4	Emisiones de SO ₂ en el año 2010 a partir de fuentes de área que consumen Leña en el cantón Latacunga	175
4.7.3.5	Emisiones de PM ₁₀ en el año 2010 a partir de fuentes de área que consumen Leña en el cantón Latacunga	176
4.7.3.6	Emisiones de PM _{2,5} en el año 2010 a partir de fuentes de área que consumen Leña en el cantón Latacunga	177
4.7.3.7	Emisiones de PM ₁₀ en el año 2010 a partir de las fuente de área (Holcim) que extrae la puzolana de la cantera en el cantón Latacunga	178
4.7.3.8	Emisión Total de Contaminantes en el año 2010, fuentes de área	180
4.7.4	Emisiones totales de los contaminantes de fuentes móviles, fijas y de área	181
4.8	EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE	184
4.8.1	Método de evaluación de la incertidumbre.....	184
4.8.2	Incertidumbre fuentes móviles	186
4.8.3	Incertidumbre de fuentes fijas	191

4.8.4	Incertidumbre fuentes de área	195
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	197
5.1	CONCLUSIONES GENERALES	197
5.2	CONCLUSIONES DE RESULTADOS	199
5.3	CONCLUSIONES COMPARATIVAS.....	200
5.4	RECOMENDACIONES.....	201
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	204
	ANEXOS	209
	ANEXO 1 ESTACIONES METEREÓLOGICAS	210
	ANEXO 2 MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE CÁLCULO DE CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICUALDO PM10	212
	ANEXO 3 VEHÍCULOS MATRICULADOS EN EL 2010 (LATACUNGA).....	214
	ANEXO 4 HOJAS DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN (VISITA DE INDUSTRIAS).....	216
	ANEXO 5 TABLA RESUMEN DESAGREGADA DEL INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS EN LA CIUDAD DE LATACUNGA	224
	ANEXO 6 COMBUSTIBLES DE MEJOR CALIDAD	226

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Definición de variables	6
Tabla N° 2 Unidades de relieve del cantón Latacunga.....	20
Tabla N°3 Ubicación Geográfica y Altitud de las estaciones meteorológicas analizadas	21
Tabla N°4 Categorías de uso de suelo y cobertura vegetal	26
Tabla N° 5 Venta de combustibles en las estaciones de servicio del Cantón Latacunga 2010.....	29
Tabla N° 6 Concentraciones de contaminantes criterio que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire	44
Tabla N° 7 Conformación del parque automotor del cantón Latacunga; vehículos a gasolina.....	71
Tabla N° 8 Conformación del parque automotor del cantón Latacunga: vehículos a diesel.....	72
Tabla N° 9 Venta de combustibles en las estaciones de servicio del cantón Latacunga 2010.....	75
Tabla N° 10 Recorrido medio anual por tipo de vehículo a gasolina (km/año)	76
Tabla N° 11 Recorrido medio anual por tipo de vehículo a diesel (km/año)	77
Tabla N° 12 Equivalencia de categorías entre el parque automotor del Cantón Latacunga y el parque automotor del inventario de emisiones de México 2004.....	78
Tabla N° 13 Factores de emisión del NOx (g/ km), vehículos a gasolina	79
Tabla N° 14 Factores de emisión del NOx (g/ km), vehículos a diesel	79
Tabla N° 15 Factores de emisión de CO (g / km) vehículos a gasolina.....	80
Tabla N° 16 Factores de emisión de CO (g / km) vehículos a diesel.....	81
Tabla N° 17 Factores de emisión de PM ₁₀ (g/ km), vehículos a gasolina	81
Tabla N° 18 Factores de emisión de PM ₁₀ (g/ km), vehículos a diesel	82
Tabla N° 19 Factores de emisión de PM _{2.5} (g/km) vehículos a gasolina.....	82

Tabla N° 20 Factores de emisión de $pm_{2.5}$ (g/km) vehículos a diesel	83
Tabla N° 21 Emisiones de NO_x (Ton / año) vehículos a gasolina.....	84
Tabla N° 22 Emisiones de NO_x (Ton / año) vehículos a diesel.....	85
Tabla N° 23 Emisión de CO (ton / año) vehículos a gasolina.....	87
Tabla N° 24 Emisión de CO (Ton / año) vehículos a diesel.....	88
Tabla N° 25 Emisiones de PM_{10} (Ton/año) vehículos a gasolina	90
Tabla N° 26 Emisiones de PM_{10} (Ton/año) vehículos a diesel	91
Tabla N° 27 Emisiones de $PM_{2.5}$ (Ton / año) vehículos a gasolina.....	93
Tabla N° 28 Emisiones de $PM_{2.5}$ (Ton / año) vehículos a diesel.....	94
Tabla N° 29 Factores de emisión de partículas (mg/km) para vehículos a gasolina. Todos los modelos.....	96
Tabla N° 30 Factores de emisión de partículas (mg/km) para vehículos a diesel. Todos los modelos.....	96
Tabla N° 31 Emisión de material particulado PM_{10} (Ton / año) vehículos a gasolina.....	98
Tabla N° 32 Emisión de material particulado PM_{10} (Ton / año) vehículos a diesel ..	98
Tabla N° 33 Emisión de material particulado PM_{10} (Ton/año) desgaste de pavimento; vehículos a gasolina	101
Tabla N° 34 Emisión de material particulado PM_{10} (Ton/año) desgaste de pavimento; vehículos a diesel.....	101
Tabla N° 35 Emisión de material particulado $PM_{2.5}$ (Ton/año); desgaste de frenos; vehículos a gasolina	103
Tabla N° 36 Emisión de material particulado $PM_{2.5}$ (Ton/año); desgaste de frenos; vehículos a diesel	104
Tabla N° 37 Emisión total de material particulado PM_{10} (Ton/año).....	105
Tabla N° 38 Emisión total de material particulado $PM_{2.5}$ (Ton/año)	106
Tabla N° 39 Propiedades de los combustibles.....	108
Tabla N° 40 Emisiones de SO_2 (Ton/año) de vehículos a gasolina.....	108
Tabla N° 41 Emisiones de SO_2 de vehículos a diesel	108
Tabla N° 42 Emisiones anuales del cantón Latacunga (Ton/año)	110

Tabla N° 43 Cronograma de visitas	111
Tabla N° 44 Factores de emisión de GLP (g kg ⁻¹). Industrias.....	114
Tabla N°45 Factores de emisión de GLP (g kg ⁻¹). Comercial-Institucional	115
Tabla N° 46 Emisiones de NOx Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de GLP – Latacunga.....	116
Tabla N° 47 Emisiones de CO año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de GLP – Latacunga.....	118
Tabla N° 48 Emisiones de PM10 Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de GLP – Latacunga.....	120
Tabla N° 49 Emisiones de PM2.5 Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de GLP – Latacunga.....	121
Tabla N°50 Emisión de contaminantes año 2010 a partir de fuentes fijas, por combustión de Gas GLP, Latacunga	122
Tabla N° 51 Factores de emisión por la combustión de diesel 2 (lb/1 000 galones) (US-EPA, 2004).....	124
Tabla N° 52 Emisiones de NOx Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Diesel 2 – Latacunga	125
Tabla N°53 Emisiones de CO Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Diesel 2 – Latacunga	128
Tabla N° 54 Emisiones de SO ₂ Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Diesel 2 – Latacunga	131
Tabla N° 55 Emisiones de PM10 Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Diesel 2 – Latacunga	134
Tabla N° 56 Emisiones de PM2.5 Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Diesel 2 Latacunga	136
Tabla N° 57 Emisión de contaminantes Año 2010 a partir de fuentes fijas, por combustión de Diesel 2, Latacunga	139
Tabla N° 58 Factores de emisión por la combustión de Gasolina (g/GJ) (US-EPA, 2004)	140
Tabla N° 59 Emisiones de NOx Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Gasolina Latacunga.....	143
Tabla N° 60 Emisiones de CO Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Gasolina – Latacunga.....	145

Tabla N° 61 Emisiones de SO ₂ Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Gasolina – Latacunga.....	147
Tabla N° 62 Emisiones de PM10 Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Gasolina – Latacunga.....	149
Tabla N° 63 Emisiones de PM 2.5 Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Gasolina – Latacunga.....	150
Tabla N° 64 Emisión de contaminantes Año 2010 a partir de Fuente Fijas, por combustión de Gasolina, Latacunga.....	152
Tabla N° 65 Factores de emisión por la combustión de Gasolina (g/GJ) (US-EPA, 2004).....	153
Tabla N° 66 Emisiones de NOx Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Búnker – Latacunga.....	156
Tabla N° 67 Emisiones de CO Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Búnker – Latacunga.....	157
Tabla N° 68 Emisiones de SO ₂ Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Búnker – Latacunga.....	158
Tabla N° 69 Emisiones de PM ₁₀ Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Búnker – Latacunga.....	159
Tabla N° 70 Emisiones de PM _{2.5} Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Búnker – Latacunga.....	160
Tabla N° 71 Emisión de contaminantes Año 2010 a partir de Fuente Fijas, por combustión de Búnker, Latacunga.....	160
Tabla N° 72 Emisión Total de contaminantes atmosféricos Año 2010 a partir de Fuente Fijas, por consumo de combustible, Latacunga.....	161
Tabla N° 73 Industrias consideradas para emisiones atmosféricas por proceso productivo.....	163
Tabla N° 74 Factores de emisión para Procesos Madereros no Tratados.....	164
Tabla N° 75 Resumen de Emisiones Atmosféricas por Proceso de Aglomerados Cotopaxi.....	165
Tabla N° 76 Factores de emisión para Producción de Cemento.....	165
Tabla N° 77 Resumen de Emisiones Atmosféricas por Proceso de HOLCIM.....	166
Tabla N° 78 Factores de emisión para Producción de Acero.....	166

Tabla N° 79 Resumen de Emisiones Atmosféricas por Proceso de Novacero	167
Tabla N° 80 Factores de emisión para Producción de Aluminio.....	167
Tabla N° 81 Resumen de Emisiones Atmosféricas por Proceso de CEDAL	168
Tabla N° 82 Factores de emisión para Producción de Papel	168
Tabla N° 83 Resumen de Emisiones Atmosféricas por Proceso de Familia Sancela	169
Tabla N° 84 Emisión Total de Contaminantes Año 2010 a partir de fuentes fijas por Proceso Productivo, Latacunga	169
Tabla N° 85 Emisiones Totales de contaminantes Año 2010 a partir de Fuente Fijas, Latacunga.....	170
Tabla N° 86 Factores de emisión por la combustión de Leña (kg/m ³) (US-EPA, 2004)	172
Tabla N° 87 Emisiones de NO _x Año 2010 por combustión de Leña – Latacunga .	174
Tabla N° 88 Emisiones de CO Año 2010 por combustión de Leña – Latacunga...	175
Tabla N° 89 Emisiones de SO ₂ Año 2010 por combustión de Leña – Latacunga..	176
Tabla N° 90 Emisiones de PM ₁₀ Año 2010 por combustión de Leña – Latacunga	177
Tabla N° 91 Emisiones de PM _{2.5} Año 2010 por combustión de Leña – Latacunga	178
Tabla N° 92 Emisiones de PM ₁₀ Año 2010 por extracción de materia prima en canteras – Latacunga	180
Tabla N° 93 Emisión de contaminantes Año 2010 a partir de Fuente de área, Latacunga.....	180
Tabla N° 94 Total de emisiones de fuentes móviles, fijas y de área Latacunga Año 2010; Toneladas por año	181
Tabla N° 95 Total de emisiones de fuentes móviles, fijas y de área Latacunga Año 2010; Porcentaje.....	182
Tabla N° 96 Matriz de calificación de la incertidumbre del inventario de emisiones Latacunga 2010.....	185
Tabla N° 97 Calidad de la información de las fuentes móviles	187
Tabla N° 98 Calidad de los factores de emisión de las fuentes móviles	188
Tabla N° 99 Matriz de calificación de la incertidumbre para fuentes móviles	190

Tabla N° 100 Calidad de la información del consumo de combustible en fuentes fijas.....	191
Tabla N° 101 Calidad de los factores de emisión por consumo de combustible – fuentes fijas	192
Tabla N° 102 Matriz de calificación de la incertidumbre para fuentes fijas por consumo de combustible	193
Tabla N° 103 Calidad de la información de la producción en fuentes fijas representativas	193
Tabla N° 104 Calidad de los factores de emisión por producción – fuentes fijas...	194
Tabla N° 105 Matriz de calificación de la incertidumbre para fuentes fijas por proceso productivo	195
Tabla N° 106 Calidad de la información de las fuentes de área	195
Tabla N° 107 Calidad de los factores de emisión	196
Tabla N° 108 Matriz de calificación de la incertidumbre para fuentes de área	196

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1 Monumento a Vicente León y la Iglesia de Santo Domingo	15
Gráfico N°2 División político-administrativa de Cotopaxi.....	17
Grafico N° 3 Esquema general de la contaminación atmosférica	46
Gráfico N° 4 Emisiones típicas de Material Particulado PM ₁₀ , en el sector urbano ..	55
Gráfico N° 5 Emisiones típicas de Material Particulado PM _{2.5} , en el sector urbano .	55
Gráfico N° 6 Emisiones atmosféricas Típicas de SO ₂ en el sector urbano	57
Gráfico N° 7 Emisiones típicas de NO _x en el sector urbano	58
Gráfico N°8 Emisiones típicas de CO en el sector urbano	61
Grafico N° 9 Conformación del parque automotor.....	72
Gráfico N° 10 Conformación del parque automotor.....	73
Grafico N° 11 Emisión anual del NO _x (Ton/año) por tipo de combustible	86
Grafico N° 12 Emisión anual del CO (Ton/año) por tipo de combustible	89
Grafico N° 13 Emisión anual del PM ₁₀ (Ton/Año) por tipo de combustible	92
Grafico N° 14 Emisión anual del PM _{2.5} (Ton/Año) por tipo de combustible.....	95
Grafico N° 15 Emisión de material particulado PM ₁₀ (Ton/año) por combustible utilizado y tipo de emisión.....	105
Grafico N° 16 Emisión de material particulado PM _{2.5} (Ton/Año) por combustible utilizado y tipo de emisión.....	106
Grafico N° 17 Emisión anual de SO ₂ (Ton/año) por tipo de combustible	109
Grafico N° 18 Emisiones atmosféricas anuales por tipo de combustible del cantón Latacunga.....	110
Gráfico N° 19 Emisión de contaminantes Año 2010 a partir de fuentes fijas, por combustión de gas GLP, Latacunga	123

Gráfico N° 20 Emisión de contaminantes Año 2010 a partir de Fuente Fijas, por combustión de Diesel 2, Latacunga	139
Gráfico N° 21 Emisión de contaminantes Año 2010 a partir de Fuente Fijas, por combustión de Gasolina, Latacunga.....	152
Gráfico N° 22 Emisión de contaminantes Año 2010 a partir de Fuente Fijas, por combustión de Búnker, Latacunga.....	161
Gráfico N° 23 Emisión Total de contaminantes atmosféricos Año 2010 a partir de Fuente Fijas, por consumo de combustible, Latacunga	162
Gráfico N° 24 Emisión Total de Contaminantes Año 2010 a partir de fuentes fijas por Proceso Productivo, Latacunga	170
Gráfico N° 25 Emisiones Totales de contaminantes Año 2010 a partir de Fuente Fijas, Latacunga	171
Gráfico N° 26 Emisión de contaminantes Año 2010 a partir de Fuentes de área, Latacunga.....	181
Gráfico N° 27 Total de emisiones de fuentes móviles, fijas y de área Latacunga Año 2010	182
Gráfico N° 28 Porcentaje de emisiones de fuentes móviles, fijas y de área	183

CAPITULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Diversos tratados, convenios y acuerdos, a nivel mundial apuntan hacia la disminución de contaminación atmosférica provenientes de fuentes fijas, móviles y de área, siendo este un gran problema que amenaza irremediablemente a la salud del planeta y consecuentemente de la humanidad. A pesar de esta amenaza, no se ha hecho mayor intervención para remediarlo.

Para entrar en acción en pro de alternativas correctivas e intervención en las fuentes, es necesario que cada ciudad promueva la profundización e investigación exhaustiva de los ítems relacionados con la contaminación, tales como las emisiones atmosféricas principales que se están dando en un escenario determinado, las posibles consecuencias y demás tópicos que alarman desmedidamente a nivel ambiental.

Sin embargo, a pesar de la necesidad latente que ejerce la contaminación atmosférica para un sitio específico, diversas ciudades no han podido desarrollar eficientemente sus planes de control de la calidad del aire, exhibiéndose un alto índice de despreocupación por parte de las autoridades locales y la ciudadanía en general.

Al no atacar directa o indirectamente este problema, se da lugar a que la contaminación atmosférica se siga agravando, dando como resultado la proliferación de enfermedades pulmonares y/o respiratorias, alergias, afecciones a la piel y no solamente, las consecuencias llegan a nivel humano, sino también la atmósfera será afectada notablemente con gases nocivos que no han sido controlados ni erradicados, los gases dan lugar a la formación de nubes grises en las partes altas de la ciudades, se produce la lluvia ácida en base a óxidos de azufre que forma ácido sulfúrico, el smog fotoquímico y otras reacciones que afectan a las infraestructuras, a los vegetales y animales.

Una parte importante del inicio de estas investigaciones de calidad del aire, es el inventario de emisiones atmosféricas que ciertamente, no ha sido estudiado ni elaborado en la mayoría de ciudades del Ecuador a excepción de Quito y Cuenca, por tanto en la ciudad de Latacunga tampoco ha sido implementado este procesos del plan de gestión de calidad del aire, donde ocupa un lugar fundamental el inventario de emisiones atmosféricas.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En vista de la inexistencia de un inventario de emisiones atmosféricas que ayude a la gestión de la calidad del aire en Latacunga, se establece la siguiente pregunta:

¿El Inventario de Emisiones Atmosféricas a partir de Fuentes Fijas, Móviles y de Área contribuirá apropiadamente a la Gestión de la Contaminación Atmosférica en la Ciudad de Latacunga?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

- Elaborar el Inventario de Emisiones Atmosféricas a partir de fuentes Fijas, Móviles y de Área en la Ciudad de Latacunga.

1.3.2 Específicos

- Describir el área de análisis y el año base.
- Evaluar las fuentes de emisión; fijas, móviles y de área.
- Evaluar las sustancias contaminantes: NO_x , CO , PM_{10} , $\text{PM}_{2.5}$, SO_2 ,
- Desarrollar la metodología de cálculo para el inventario de emisiones atmosféricas.
- Seleccionar los factores de emisión que servirán de base para el inventario.
- Evaluar la incertidumbre en el inventario de emisiones atmosféricas de Latacunga.

1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO

Un aire libre de contaminación es una demanda urgente que solicita la humanidad al cerciorarse que cada segundo que pasa, el planeta está sufriendo de graves alteraciones por causa de la incontrolada emisión de contaminantes que aportan las fuentes fijas y móviles de cada ciudad, nación y continente.

Es una necesidad prioritaria, el estudio de la calidad del aire en cada región y ciudad específica, sin embargo, diversas ciudades hacen caso omiso de la urgencia que circunda en sus alrededores con respecto al ambiente, por tanto, no han desarrollado investigaciones al respecto ni sus respectivos planes de control atmosférico.

Latacunga es una ciudad del Ecuador que recién está iniciando a gestionar la contaminación atmosférica, contando con un equipo de monitoreo de material particulado, en consecuencia, necesita una fuerte participación y desarrollo de estudio a nivel atmosférico que pueda contribuir a su objetivo ambiental.

Bajo este lineamiento, es importante la realización del inventario de emisiones atmosféricas porque es una base fundamental que permite contar con datos valiosos, como son las emisiones de contaminantes atmosféricos, de acuerdo con el tipo de fuente, tipo y cantidad de contaminante emitido, en un área geográfica y en un intervalo de tiempo determinado. Los inventarios de emisiones atmosféricas son instrumentos indispensables en los procesos de gestión de calidad del aire y toma de decisiones, pues son el punto de

partida para la implementación, evaluación y ajuste de programas y medidas de control, tendientes a mejorar la calidad del aire¹.

1.5 HIPÓTESIS

Realizando el Inventario de Emisiones Atmosféricas a partir de Fuentes Fijas, Móviles y de Área se contribuirá a la fase inicial de la Gestión de la Contaminación Atmosférica en la Ciudad de Latacunga.

¹ Párrafo que incluye la conceptualización e importancia del Inventario de Emisiones. Ministerio del Ambiente de Colombia, 2008

1.6 DEFINICIÓN DE VARIABLES

Tabla N° 1 Definición de variables

Variable	Dimensión	Indicadores
Causa: Emisión de Fuentes Fijas, Móviles y de Área	Fuente de emisión	Fija
		Móvil
		De área
	Tipo de combustible	Super
		Extra
		Diesel
		Bunker
	Leña	
Efecto: Inventario de Emisiones atmosféricas	Sustancias contaminantes	PM10
		PM2.5
		CO
		SO2
		NOx
	Factores de Emisión	US – EPA
		EEA
		IPCC
	Evaluación Incertidumbre: Data Attribute Ratings System	Categoría A
		Categoría B
		Categoría C
		Categoría D
		Categoría E

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de la Investigación

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES

La contaminación ambiental es un problema que está rebasando límites a nivel mundial, diversas afecciones aparecen día tras día, modificando el curso normal de la naturaleza y arrasando con la vida que encuentra a su paso. Es así como la contaminación atmosférica como parte constitutiva de la contaminación ambiental global, afecta notablemente a la salud de las personas y promueve la degeneración del planeta. Actualmente, los altos índices de contaminación atmosférica en especial con la contribución de Estados Unidos y China, a la cabeza, alarman al mundo entero. A través de la ONU² se promueve, que se adquiera conciencia a nivel ambiental para erradicar los grandes males que esta crisis genera.

Algunos de los factores que contribuyen al aumento de los índices de contaminación atmosférica son: el empleo de combustibles fósiles como los derivados del petróleo, el carbón y el gas natural. Estos derivados, a través de las calefacciones domésticas, los tubos de escape de los vehículos y las centrales térmicas, las industrias, han sido los responsables de llenar los

² Los países emisores del 80% de los gases de efecto invernadero se han comprometido a limitar y reducir en lo posible las emisiones antes de 2020, mediante compromiso establecido en el acuerdo de Copenhague, reunión de Enero de 2010. La ONU publicó la lista de los 111 países que, además de la Unión Europea, han suscrito el texto. El contenido del acuerdo era ya conocido por parte de los más contaminantes. Sin embargo, es la primera vez que la ONU pública la lista exacta de quienes apoyan el compromiso.

cielos de humo, generando distintos contaminantes, como: los óxidos de carbono, de nitrógeno y de azufre, los metales, las partículas en suspensión y las cenizas³.

Las altas cifras de automotores presentadas en diversos informes elaborados por Instituciones afines, muestran que es una urgencia, el atender al proliferante crecimiento del parque automotor que finalmente, ha de contaminar el aire.

A nivel Ecuador, las principales ciudades que presentan mayor problema de contaminación atmosférica son: Quito, Guayaquil y Cuenca. Cabe mencionar que solamente Quito y en menor escala Cuenca, ha gestionado la parte ambiental, para monitorear y comprobar el estado de la calidad del aire⁴.

Al momento de acercarse a la realidad que afronta una ciudad, la medición de la calidad del aire es un elemento clave para el beneficio ciudadano. Por tanto, un plan de gestión de la calidad del aire (PGCA) involucra fases importantes como el inventario de emisiones atmosféricas, un estudio de dispersión de contaminantes y creación de modelos a meso-escala, el monitoreo de la calidad del aire, la evaluación de los riesgos ambientales para la salud (estudios epidemiológicos), entre otros componentes que ayudarán a fortalecer la calidad ambiental.

³ La CEPAL analiza de cerca la contaminación atmosférica en diversos sitios a nivel América latina, pronunciado que ha llegado a ser un gran problema que desemboca en catástrofe a nivel ambiental y en la salud de las personas. CEPAL, Contaminación atmosférica y conciencia ciudadana, Santiago de Chile, 2009

⁴ Los datos son emitidos por: Corpaire en Quito y Cuencaire en Cuenca, quienes regularmente coordinan con el Ministerio del Ambiente del Ecuador para gestionar de mejor manera su calidad del aire.

En este sentido, el inventario de emisiones atmosféricas constituye una fase inicial que contribuirá al desarrollo de un plan de gestión de la calidad del aire para la ciudad de Latacunga, el cual exhibirá valores representativos en cuanto a las emisiones atmosféricas y ayudará a tomar un control adecuado que prevea las necesidades de dicha ciudad.

La ciudad de Latacunga no ha desarrollado ninguna fase de análisis a nivel atmosférico, por tanto, es necesaria la intervención oportuna de estudios de calidad del aire para enmarcarse dentro del patrón que siguieron las ciudades que atienden este factor ambiental, es decir, Quito a la cabeza, seguido de Cuenca.

2.2 ÁREA DE ANÁLISIS Y AÑO BASE

Como objeto de estudio se destaca la importancia de un área de análisis que es el centro de atención para el desarrollo del Inventario de emisiones atmosféricas que se pretende elaborar, en este caso, la ciudad de Latacunga se ha considerado para ser el área analizada dentro del contexto ecuatoriano y para el proceso propiamente dicho del Inventario, se debe destacar la validez de un año base, siendo en este caso el 2010, como período donde se han podido obtener información representativa para la consecución de los objetivos del Inventario de Emisiones atmosféricas.

2.3 INFORMACIÓN GENERAL DE LA CIUDAD DE LATACUNGA

Como se conoce, la ciudad de Latacunga es la capital de la provincia de Cotopaxi, dividida en dos segmentos por el río Cutuchi que nace en el volcán Cotopaxi y unidos a su vez por el puente 5 de junio. En toda su extensión se

reparten siete iglesias: Del Salto, La merced, San Agustín, Santo Domingo, San Sebastián, La Catedral y San Francisco⁵.

Administrativamente, el cantón Latacunga está constituido por cinco parroquias urbanas: Eloy Alfaro (San Felipe), Ignacio Flores, Juan Montalvo, La Matriz y San Buenaventura; y por diez parroquias rurales: Aláquez, Belisario Quevedo, Guaytacama, Joséguango Bajo, Mulaló, Once de Noviembre, Poaló, San Juan de Pastocalle, Tanicuchí y Toacaso.

Un punto importante de referencia es el parque central Vicente León, a cuyos costados se encuentran la Iglesia de la Catedral, el Palacio Municipal, la Gobernación y el Banco de Fomento de la ciudad.

La virgen de las Mercedes es considerada como la patrona de Latacunga, su pueblo se consagra a ella, ya que su imagen subjetivamente los ha protegido de las erupciones del Cotopaxi y se le dedica la fiesta de la Mama Negra o Santísima Tragedia, celebrada el 24 y 25 de septiembre con bailes y comparsas únicas de este pueblo y que representan las fiestas más populares de la provincia; cabe destacar que con la venia del Municipio las fiestas se repiten el mes de Noviembre para atraer el turismo.

Un atractivo que muchos visitantes disfrutan es la típica chugchucara, plato compuesto por maíz tostado, mote, fritada, cuero de chancho y empanadillas. El turista puede disfrutar de esta exquisitez siempre que visite el lugar.

⁵ BOLAÑOS, Santiago, Latacunga: Un Patrimonio monumental y cultural en el Ecuador, Ecuador, 2011

2.3.1 Historia

Latacunga⁶, cuya fundación española fue realizada por el primer Encomendero en 1534, con el nombre de Asiento de San Vicente Mártir de Latacunga. En 1539, Gonzalo Pizarro, aumentó el número de pobladores y finalmente la fundación definitiva y oficial la efectuó el Capitán Antonio Clavijo en 1584, con el título de Corregimiento, en el cual habitaban 30.000 indígenas y 30 españoles hombres. Luego el 11 de noviembre de 1811 es elevado a la categoría de villa.

Iniciada la Colonia, empezó el reparto del territorio entre los conquistadores, estableciéndose el régimen de encomiendas, mitas y trabajo forzado en los obrajes. El reparto de tierras se lo realizó desde Quito, pues formaba parte de la Real Audiencia de Quito. En la colonia se establecieron los marquesados: De Villa Orellana, de Maenza, y de Miraflores. Esta zona fue codiciada por la nobleza de Quito.

Los jesuitas instalaron la primera escuela en 1643 hasta su expulsión en 1653. La educación posterior corrió a cargo de los franciscanos, dominicos y agustinos. Por la cercanía a Quito, los ricos reforzaban allá la formación de sus hijos. Así surgieron los grandes políticos y escritores. En 1745 asumió la presidencia de la Real Audiencia de Quito, Fernando Sánchez de Orellana, Marqués de Solanda, natural de Latacunga.

En diciembre de 1808, los marqueses se reunieron en Tilipulo y Salache para preparar el grito de la independencia del 10 de agosto de 1809. El 80% de los miembros de la Junta de Gobierno eran cotopaxenses. Luis Fernando

⁶ Alcaldía de Latacunga, Historia de la Ciudad Latacunga, Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Latacunga, Página web: www.latacunga.gov.ec, 2011

Vivero, fue escogido el 9 de octubre de 1820 para secretario de la Junta de Gobierno de Guayaquil. Y muchos más contribuyeron a la causa libertaria.

El 11 de noviembre de 1811, la Junta Superior de Quito elevó a Latacunga a la categoría de Villa. Entonces, el país vivía "Una guerra de guerrillas". Luego del triunfo en Mocha (1812), el ejército realista al mando de Toribio Montes iba a Quito cuando en Latacunga le salió al paso Manuel Matheu "Con su célebre guerrilla a caballo" que le tuvo peleando un mes.

Después de haber contribuido con armas, pólvora, alimentos, hombres y dinero a la gesta libertaria del 9 de octubre de 1820; los patriotas de Latacunga, se organizaron durante los primeros días de noviembre para buscar su libertad. Es así como atacan el cuartel realista Fernando Sáenz de Viteri y Felipe Barba y varios hombres; mientras Lizardo Ruiz y Calixto González del Pino con jóvenes latacungueños, toman la fábrica de pólvora y luego acometen contra el convento de Santo Domingo, donde se encontraba el comandante Miguel Morales con una parte del Batallón Los Andes.

Los realistas se encontraban ubicados en el techo, desde allí podían fácilmente fusilar a los patriotas, pero ellos con valor y audacia los atacan y Juan José Linares dio muerte al comandante, logrando la rendición de los soldados españoles. Entre algunos de los patriotas que tomaron parte en la revolución están: Antonio Tapia, Francisco Salazar, José María Alvear, Josefa Calixto, María Rosa Vela de Páez. Miguel Baca, Francisco Flor, Vicente Viteri Lomas, Luís Pérez de Anda y Mariano Jácome de apenas 16 años de edad, quienes consolidaron el triunfo, proclamando la independencia de Latacunga, que se consolidó definitivamente con el triunfo de la batalla de Pichincha. El 29 de Noviembre de 1822 el Libertador Simón Bolívar entró por primera vez en Latacunga.

En 1820 se adhieren al movimiento independentista de Guayaquil varias ciudades, entre esas, estaba Latacunga (11 de noviembre) pero los españoles retomaron el gobierno y las guerrillas se acrecentaron en el país.

Con la oposición de los quiteños, el 6 de marzo de 1851 los legisladores aprobaron la creación de la Provincia de León, con los cantones Latacunga y Ambato. Objetado por el Presidente Diego Noboa, el decreto retornó al Congreso, que el 18 de marzo confirmó su decisión publicada el 26 de mayo de 1851. Primer gobernador fue el Doctor Miguel Carrión. El 9 de octubre del mismo año, el Presidente José María Urbina, ratificó la creación de la provincia pero con el nombre de "León", en homenaje a su ilustrísimo hijo, Vicente León. Así bautizada se robusteció con la constitución en 1852 del cantón Pujilí con sus parroquias Zapotal y Quevedo. En 1861 se separaron Latacunga y Ambato que se constituyó en provincia.

Edificada originalmente con arquitectura Colonial es declarada PATRIMONIO CULTURAL DEL ECUADOR el 18 de junio de 1982.

De las joyas del Patrimonio, el Palacio Municipal de Latacunga, es una de las piezas más importantes. Siendo un atractivo monumento a la pómez, material propio del lugar; se abrieron cimientos del Palacio Municipal de Latacunga desde los primeros meses del año 1910, construyéndose la parte principal hasta el 24 de mayo de 1918, año en que fue inaugurada con mucho regocijo; en aquel tiempo se trabajó arduamente sin terminar la obra; pero acomodando las oficinas municipales para su labor.

Fue producto de la iniciativa del presidente del Cabildo Dr. Ángel Subía Urbina y señores ediles con proyecto y planos de los profesionales Raúl José María Pereira y Augusto Reyder, para el efecto el Dr. Subía logró la permuta de la antigua casa municipal hoy convento de la Catedral con casa

y terrenos de la curia, es decir la manzana que hoy ocupa el Palacio Municipal, propiedad que en el siglo XVIII fue de la familia Ramírez Fita y anteriormente de la comunidad franciscana de la Latacunga.

Es así que encontramos que en parte de aquel sitio y hasta 1806, funcionó la Casa del Corregimiento, estrecha y servicial para oficinas fiscales con vista a plaza de San Francisco. Este lote vendió el Corregidor Capitán Miguel Hernández para comprar la casa de Tomás Romero en el barrio de Santo Domingo, sitio de Betlehemitas, que vuelta a enajenar al señor Mariano Maya y luego al colegio Vicente León dejó el fisco en inquilino de la misma propiedad hasta 1901, cuando se inauguró la que actualmente ocupa.

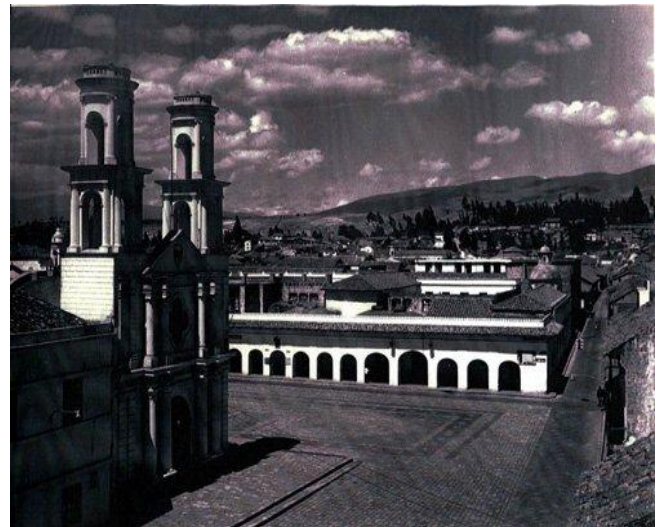
El Palacio Municipal es su orgullo ciertamente, luego de la primera inauguración presidida por su gestor Ángel Subía Urbina, en segunda administración municipal, el tramo que da al Parque Bolívar fue concluido en 1936 cuando presidente del Consejo Don Cesar Moya Sánchez.

El terremoto del 5 de agosto de 1949, abrió algunas estructuras del edificio lo que motivo reparaciones, el proyecto original incluía un teatro de herradura que se lo descartó, cuando en 1920 se inició la edificación del Teatro Vicente León, concluido nueve años más tarde; lo que advirtió que ya no era necesaria la obra del Teatro Municipal. Añadiremos que la grada de madera que hace al segundo piso del bloque oriental fue obra de Virgilio Valverde y el portón central idea del concejal Ricardo Vásquez Rázo igual que los murales.

El edificio de la Ilustre Municipalidad de Latacunga, está ubicado en el Parque Vicente León; en la calle Sánchez de Orellana, entre General Manuel Maldonado y Ramírez Fita. Edificio de líneas armoniosas acorde con la belleza sobria del Parque Vicente León, se destaca con su fachada realizada

íntegramente en piedra pómez material propia de esta zona volcánica. Constituye una de las piezas fundamentales del Centro Histórico de la Ciudad a más de ser la casa del pueblo desde hace tiempos inmemorables.

Gráfico N° 1 Monumento a Vicente León y la Iglesia de Santo Domingo



Fuente: Galería de Imágenes, Alcaldía de la Ciudad Latacunga, 2011

2.3.2 Ubicación, topografía y meteorología

En este espacio se desarrolla la ubicación de Latacunga, así como la topografía del terreno que comprende la ciudad, caracterizada por el relieve y la meteorología del cantón, es decir los detalles climáticos, físicos de la atmósfera, el estado del tiempo, el medio atmosférico, los fenómenos allí producidos y las leyes que lo rigen.

2.3.2.1 Ubicación

El Cantón Latacunga está ubicado en la Provincia de Cotopaxi y tiene como territorios adyacentes o circunvecinos a los siguientes: por el norte el cantón Mejía de la provincia de Pichincha; al este, los cantones Archidona y Tena de la provincia de Napo; al sur el cantón Salcedo y al oeste, los cantones Pujilí, Saquisilí y Sigchos, siendo estos cuatro últimos de la provincia de Cotopaxi.

Cuenta con una superficie de 138.564 hectáreas que representan el 22,68% de la provincia de Cotopaxi y se extiende desde los 0° 35' 50,8" hasta el 1° 0' 46,7" de latitud sur y desde los 78° 22' 51,3" hasta los 78° 50' 9,6" de longitud oeste.

Dentro del Callejón Interandino, el cantón Latacunga está asentado sobre la Hoya Central Oriental del Patate, en un rango altitudinal que va desde los 2.680 m.s.n.m. en el extremo sur del cantón, hasta los 5.897 m.s.n.m. en el punto de altura máxima del volcán Cotopaxi.

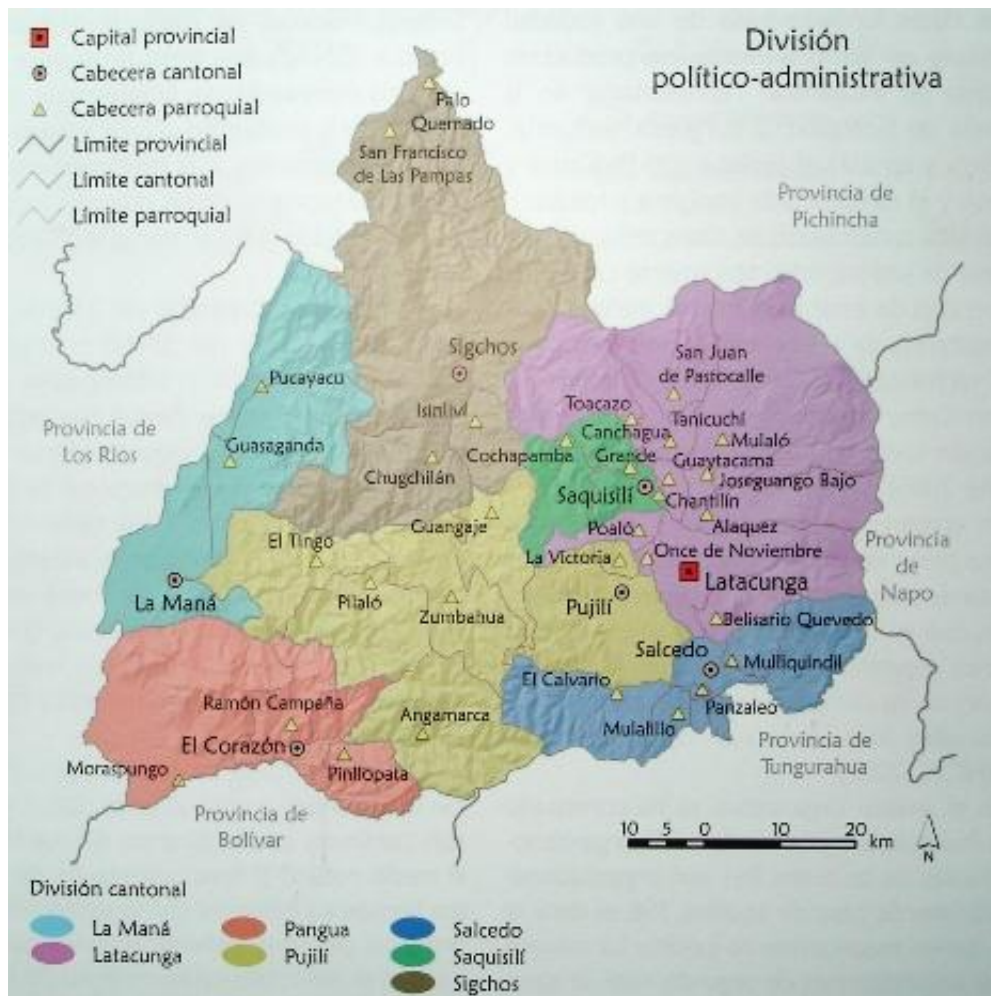
Desde un punto de vista integral, se puede señalar que el cantón Latacunga se caracteriza por estar ubicado⁷ en un entorno de múltiples contrastes. Su localización biogeográfica estratégica, ha determinado la presencia de importantes ecosistemas como las extensas zonas de páramos de las parroquias de Mulaló, Álaquez y Latacunga, en las estribaciones orientales de la cordillera central y los páramos de Toacaso y Pastocalle localizados en la zona alta de los Illinizas. La importancia de los páramos en términos hidrológicos debe ser valorada, puesto que contribuye a la satisfacción de las necesidades básicas, el desarrollo de actividades de sobrevivencia y la

⁷ Municipio de Latacunga, Plan Maestro del Cantón Latacunga para el Buen Vivir, Ecuador, 2010

calidad de vida de los habitantes del cantón Latacunga, quienes dependen directamente del agua almacenada en los páramos mencionados.

Geológicamente, Latacunga está asentada sobre una formación de materiales volcánicos provenientes del Cotopaxi, cuya litología se encuentra conformada por piroclastos y lahares que han dado origen a la presencia de suelos orgánicos con elevadas potencialidades agrícolas.

Gráfico N°2 División político-administrativa de Cotopaxi



Fuente: SIISE 2003, Ecociencia 2005

2.3.2.2 Topografía

El cantón Latacunga presenta una forma irregular que asemeja una media luna. El análisis de las características topográficas del cantón, se realizan considerando su geomorfología, que es el componente del territorio que sirve de base para la integración de los diferentes elementos físicos presentes en él y de las pendientes que reflejan la inclinación de las laderas dentro de una cierta distancia y elevación.

De acuerdo a estos dos factores, se puede decir que la intensa actividad volcánica a la que ha estado sometida la zona, los diversos episodios geológicos y los procesos erosivos que han actuado y actúan sobre los relieves pre-existentes, han modelado la forma de la topografía del cantón, determinando un paisaje fisiográfico dominante constituido por la presencia de terrazas estructurales.

Geomorfológicamente, se distinguen seis unidades de relieve:

- a) La zona central del cantón que está ubicada en una depresión conocida como graven Ovalle interandino; presenta un relieve entre plano y ligeramente inclinado con pendientes de 0 a 5% que se ha formado por los procesos de rellenamiento con piroclastos, sedimentos y material laharítico proveniente del volcán Cotopaxi. Las pendientes entre el 0 y 5% ocupan la mayor superficie dentro del territorio con 54489.96 hectáreas que corresponden al 39.33% del área central.
- b) Las superficies de aplanamiento, que son zonas con pendientes moderadamente inclinadas (entre 5 y 12%) y relieves altos de flanco interno de cordillera. Tienen una cobertura de suelo normalmente de

origen piroclástico terciario a reciente. Están concentradas también en la zona central del cantón y particularmente en la parroquia de Mulaló, cubriendo 17005,32 hectáreas que representan un 12,27% del cantón Latacunga.

- c) Las zonas de colinas medianas, que presentan crestas redondeadas con ejes en sentido del drenaje y abarcan sectores con pendientes inclinadas, es decir de 12 a 25%.

Están ubicadas en el sector oriental del cantón, concentradas en mayor medida en las parroquias de Aláquez, Latacunga y Belisario Quevedo. Cubren una extensión de 25584,75 hectáreas o el equivalente de 18,47% del territorio cantonal.

- d) Las zonas ubicadas en los sectores de piedemonte, que conforman las vertientes cóncavas, convexas e irregulares con pendientes moderadamente escarpadas que varían entre 25 y 50%.

Aunque estas zonas están ubicadas en toda la zona alta del cantón, en promedio sobre los 3300 m.s.n.m, se concentran principalmente en las parroquias de Mulaló, Pastocalle y Toacaso. Cubren el 20.05% del área total del cantón, lo que significan 27771.30 hectáreas.

- e) Los relieves de cimas agudas se caracterizan por las pendientes escarpadas entre un 50 y 70% de inclinación, con desniveles que oscilan entre los 300 y 500 metros.

Están ubicadas en las estribaciones del cerro Putzalagua en Belisario Quevedo, en los Illinizas en la parroquia de Toacaso y en el volcán Cotopaxi en Mulaló. Cubren en total una extensión de 8528.13 hectáreas, que representa el 6.16% del cantón.

- f) Las zonas de pendientes muy escarpadas o abruptas que superan el 70% están ubicadas en acantilados o encañonados profundos de ciertas quebradas, en las altas estribaciones de las cordilleras central y occidental. Cubren 5164.83 hectáreas que corresponde al 3.73% del territorio cantonal.

En conclusión se puede decir que el cantón Latacunga es una zona netamente volcánica, cuyos productos pertenecen a edades diferentes y a emisiones atmosféricas de diversos volcanes, siendo el principal el Cotopaxi. El área se caracteriza por tener un territorio con una pendiente media de 18.92%, variando entre pendientes muy bajas desde 0%, hasta muy altas, con pendientes que superan los 600%; esto se refleja claramente en la desviación estándar de 23.28. En la Tabla 2 se presentan las diferentes unidades de relieve del cantón.

Tabla N° 2 Unidades de relieve del cantón Latacunga

Pendiente (%)	Clasificación	Unidades geomorfológicas	Área (ha)	%
0 – 5	Plano o ligeramente inclinado	Valles interandinos	54498.67	39.33
6 – 12	Moderadamente inclinado	Superficies de aplanamiento	17008.04	12.27
13 – 25	Inclinado	Colinas medianas	25588.84	18.47
25 – 50	Moderadamente escarpado	Vertientes cóncavas y convexas	27775.74	20.04
51 – 70	Escarpado	Relieve escarpado de cimas agudas	8529.49	6.16
> 70	Muy escarpado	Relieve montañoso	5165.66	3.73
TOTAL			138566.44	100

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Cartas topográficas 1:50000. Instituto Geográfico Militar y Mapa Geomorfológico SIGAGRO

2.3.2.3 Meteorología

Se considera al clima como el promedio de los eventos meteorológicos que ocurren a diario en un lugar determinado. Se trata de un récord histórico de varios elementos como temperatura, precipitación, humedad, presión atmosférica y vientos, que ayuda a caracterizar el comportamiento meteorológico de un área geográfica en el largo plazo.

Estos elementos dependen de varios factores propios del lugar, tales como: latitud, altitud, pendientes y cobertura vegetal. Para el análisis climatológico del cantón Latacunga de esta ocasión, se han utilizado los datos disponibles de cinco estaciones meteorológicas localizadas dentro o muy cerca del territorio cantonal, durante el período 2001 – 2006.

Tabla N°3 Ubicación Geográfica y Altitud de las estaciones meteorológicas analizadas

Nombre	Tipo de Estación	Latitud (Sur)	Longitud (Oeste)	Altura (msnm)
Cotopaxi Clirsen	Climática principal	0°37'09"	78°34'19"	3560
Cotopilaló	Climática ordinaria	0°41'00"	78°42'00"	3250
Rumipamba Salcedo	Agrometeorológica	1°01'05"	78°35'32"	2628
Pastocalle	Pluviométrica	0°43'30"	78°37'57"	3130
Saquisilí	Pluviométrica	0°50'16"	78°39'52"	2920
Aeropuerto Cotopaxi	Climática principal	0°54'24"	78°37'00"	2792

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: INAMHI y Registro Histórico Meteorológico de la Estación Aeropuerto Cotopaxi, 2009

El cantón Latacunga corresponde a un espacio montañoso de topografía accidentada, enclavado entre las cordilleras occidental y central. La

temperatura anual promedio varía entre los 8.1°C registrada en la zona alta de la estación Cotopaxi-Clirsen, hasta los 14.1°C registrada tanto en la ciudad de Latacunga como en la estación Rumipamba Salcedo ubicada en la parte más baja del cantón. A partir de los 4000 metros de altura, en las zonas de páramo, nieve y arenales de los volcanes Illinizas y Cotopaxi, la temperatura promedio oscila entre los 4°C pudiendo llegar hasta temperaturas inferiores a los 0°C.

Aunque en el año la temperatura mensual promedio se mantiene estable en cada una de las estaciones, sin existir variaciones pronunciadas de cambios de temperatura de un mes con otro; se han registrado varias temperaturas extremas. Así por ejemplo, en la estación Rumipamba Salcedo la temperatura más baja durante el período analizado corresponde al mes de noviembre del año 2.005 con -1.3°C; mientras que para la misma estación la temperatura más alta se registró en el mes de enero del mismo año con 27.3°C.

La precipitación anual promedio en el cantón Latacunga también varía de acuerdo a los diferentes rangos altitudinales que abarca su territorio. En la estación Cotopaxi-Clirsen se registra un promedio de precipitación de 1174.6 mm anuales; en el sector de Pastocalle el promedio de precipitación es de 808.7 mm anuales, en la ciudad de Latacunga la pluviosidad media es de 768.7; mientras que en la zona baja del cantón la estación Rumipamba Salcedo registra un promedio de 529.2 mm.

En general, las lluvias se presentan entre los meses de octubre a junio, con precipitaciones máximas en octubre y abril, y un período seco que inicia en junio y finaliza en septiembre, siendo agosto el mes más seco del año.

La humedad relativa es una variable que estima, en porcentaje, el grado de saturación de la atmósfera. En el cantón Latacunga este parámetro es de alrededor del 84.6% aunque en las zonas más altas llega hasta el 94% mientras que en las zonas más bajas la humedad relativa es de 74%. En el período de tiempo analizado, el año menos húmedo fue el 2.001 en el que además se registraron menores cantidades de precipitación y mayor temperatura mensual promedio en todas las estaciones.

En las estaciones San Joaquín se registraron los siguientes datos velocidad del viento 1.5 km/h, corrida de viento 1100 km/h y velocidad máxima del viento 43.4 km/h. En la estación Colcas la velocidad del viento es de 2.8 km/h, corrida de viento 1863 km/h y la velocidad máxima del viento 48.3 km/h. Ver anexo 1

Considerando los rangos altitudinales y los parámetros climáticos expuestos, se puede concluir que el cantón Latacunga se encuentra entre dos tipos de climas: el ecuatorial mesotérmico semihúmedo, que estaría abarcando la mayor parte del cantón y es el más característico de la zona interandina; y el ecuatorial mesotérmico seco que corresponde a los valles interandinos de menor altura y menor precipitación como la ciudad de Latacunga y el sector del extremo sur del cantón.

2.3.3 Categorías de usos de suelo

Los recursos naturales proporcionan bienes y servicios ambientales estratégicos que hacen de su conservación un fin no solo ético, sino también indispensable para garantizar el buen vivir de las sociedades humanas.

La intensidad en el uso de los recursos naturales, la contaminación, la erosión y la consecuente pérdida de biodiversidad en el cantón Latacunga durante los últimos 30 años es preocupante. Aunque no todas las interpretaciones sobre estas señales de alerta están asociadas a la insostenibilidad del sistema ambiental, sino a las condiciones geográficas y territoriales endógenas y a las dinámicas propias de los ecosistemas complejos en constante y global evolución, del diagnóstico de los subcomponentes se puede deducir que la excesiva presión antropogénica es la principal causa del desequilibrio ambiental, la degradación de los recursos y la transformación física y erosión de los suelos del cantón.

Uno de los mecanismos más acertados para el uso del suelo, es la declaración de zonas de protección. En el caso del cantón Latacunga, el 14.51% de su territorio se encuentra declarado como Patrimonio Natural a través de cuatro Áreas Protegidas manejadas por el Ministerio del Ambiente. Las cuatro Áreas Protegidas son: Reserva Ecológica Los Illinizas, el Parque Nacional Cotopaxi, el Área Nacional de Recreación El Boliche y el Parque Nacional Llanganates. Estas zonas tienen como potencialidades adicionales la riqueza del paisaje natural, que puede ser explotada en términos turísticos, de forma sostenible y planificada.

2.3.3.1 Tipos y calidad de suelos

En cuanto al estudio y manejo del suelo del cantón, el sistema que se ha manejado a nivel Ecuador, se basa primordialmente en la morfología de los suelos, descrita en términos de sus horizontes. Este sistema utiliza cuatro categorías de clasificación, cada una de las cuales tiene sus propias características diferenciadoras. Las categorías desde el nivel más general hasta el más específico son:

- a) Orden: permite agrupar los suelos de acuerdo a los procesos de formación indicados por la presencia o ausencia de horizontes diagnóstico.
- b) Suborden: indica una homogeneidad genética; es una subdivisión de los órdenes de acuerdo a la presencia o ausencia de propiedades asociadas con la humedad del suelo, material de partida dominante y efectos de la vegetación.
- c) Gran grupo: subdivisiones de los subórdenes de acuerdo con la clase y disposición de los horizontes, temperatura y humedad del suelo; además presencia o ausencia de capas diagnósticas.
- d) Serie: son los suelos de cada subgrupo diferenciados por la clase y disposición de los horizontes, color, textura, consistencia o reacción de los horizontes, sus propiedades químicas y mineralógicas.

De acuerdo a este sistema, en el territorio del cantón Latacunga se encuentran más de setenta clases de suelos, siendo la mayor parte de ellos, del orden Inceptisoles⁸ y de éstos predominan los del suborden Andepts⁹ que se caracterizan por contener materiales parentales volcánicos.

⁸ Inceptisoles que su principal característica de formación es la presencia de horizontes de diagnóstico poco evolucionado. Es decir, son suelos húmedos, incipientes, poco evolucionados y con cierta acumulación de materia orgánica; su término en síntesis significaría que comienza a desarrollarse. Universidad Politécnica de Valencia, "Inceptisoles", España, 2010

⁹ Suborden de suelos correspondiente al grupo de los Inceptisoles, derivados de materiales parentales volcánicos. (Sarmiento: 2010)

2.3.3.2 Descripción del uso del suelo y cobertura vegetal

En el cantón Latacunga se han identificado once categorías generales de cobertura vegetal y formas de uso humano del suelo, denominadas como espacio natural y espacio agrario, respectivamente, que se resume en la Tabla N° 4:

Tabla N°4 Categorías de uso de suelo y cobertura vegetal

Uso del suelo	Área (ha)	% que ocupa en el cantón
Bosque natural	3258,74	2,35
Bosque plantado	14425,8	10,41
Cuerpos de agua natural	48,54	0,04
Cultivos de ciclo corto	51419,83	37,11
Cultivos de invernadero	896,11	0,65
Nieve o hielo	795,49	0,57
Páramo	43052,9	31,07
Pasto cultivado	20259,35	14,62
Centros urbanos	2859,7	2,06
Vegetación arbustiva	1549,95	1,12
TOTAL	138566,4	100

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Mapa de uso del suelo, Plan Estratégico Territorial de la Zona Sierra Central, PLANTEL, 2010

Dentro de los espacios naturales, se han identificado varios ecosistemas de páramo que corresponden a los siguientes tipos: páramo herbáceo, páramo seco, páramo arbustivo y páramo de almohadillas. En las estribaciones del volcán Cotopaxi, los páramos se presentan desde los 3400 m.s.n.m.; en la región oriental del cantón se ubican a partir de los 3800 metros; mientras que en la zona de los Illinizas están sobre los 3700 metros de altura.

Las parroquias en las que se ubican estas formaciones vegetales son Aláquez, Mulaló, Latacunga, Toacaso, Poaló y Belisario Quevedo. El paisaje de los espacios naturales está conformado además por los remanentes de bosque natural que conserva el cantón. Éstos representan un pequeño porcentaje de la extensión territorial total y se localizan únicamente en la parroquia de Toacaso. Este bosque corresponde a una formación vegetal clasificada como Siempre verde Montano Alto.

La vegetación arbustiva se caracteriza porque no alcanza alturas mayores de cinco metros y es producto de la tala de la cobertura de bosque primario. Se localiza en las zonas de fuertes pendientes, a lo largo de algunas quebradas que drenan al río Cutuchi y junto a las áreas de páramos. Abarca una superficie que representa algo más del 1% del territorio del cantón Latacunga.

En las zonas volcánicas de gran altura tanto del Cotopaxi como de los Illinizas, se localizan dos áreas cubiertas de nieve, que sumadas con los pequeños cuerpos de agua localizados en las zonas altas de Aláquez y Latacunga, representan el 0,61% de la superficie cantonal.

El espacio agrario está conformado por las zonas en las cuales la intervención humana determina la categoría de uso de suelo. Se considera dentro de este espacio a los diferentes cultivos transitorios, permanentes o de ciclo corto que se producen en el cantón.

Los cultivos de ciclo corto predominantes en el cantón Latacunga son: maíz, brócoli, cereales, papa, habas, fréjol, zanahoria y chocho. Las zonas preferentemente agrícolas se ubican desde las cotas más bajas del cantón hasta los 3700 metros de altura aproximadamente, en terrenos de pendiente

baja y media, que corresponden a las parroquias de Latacunga, Belisario Quevedo, Guaytacama, Once de Noviembre, Poaló, Tanicuchí y Toacaso. En esta categoría se incluyen además los cultivos bajo invernadero, en su mayoría de flores y en menor proporción de hortalizas.

Otra de las vocaciones de la cantón es la actividad pecuaria, la producción de leche y la elaboración de productos lácteos. Las zonas ganaderas se concentran en el centro del cantón, particularmente en la jurisdicción de las parroquias Joséguango Bajo, Guaytacama, Belisario Quevedo, Mulaló y Tanicuchí, en donde se pueden encontrar grandes extensiones de pastos que forman parte de reconocidas y tradicionales haciendas como: San Agustín, San Sebastián, Pilacoto, La Avelina, San Mateo y San Pedro. El paisaje agrario o de intervención humana incluye las zonas de bosque plantado que para el cantón Latacunga representa más del 10% de sus territorio. Se trata de extensiones geográficas cubiertas con especies vegetales como el pino y en menor proporción de eucalipto. Áreas considerables de este tipo de cobertura se asientan en las parroquias de Pastocalle, Belisario Quevedo y Mulaló.

2.3.4 Consumo de combustible

Existen 23 estaciones de servicio en el Cantón de Latacunga de las cuales 21 dotan a los automoviles de Diesel y Gasolina Super y Extra. Las estaciones de servicio toacaza de la comercializadora Petroecuador y la estacion virgen del quinche de la comercializadora Masgas S.A. solo dispensan Diesel y Extra. En la siguiente tabla se muestra la cantidad en galones

**Tabla N° 5 Venta de combustibles en las estaciones de servicio del
Cantón Latacunga 2010**

N°	Cliente	Comercializadora	GALONES / AÑO		
			Extra	Super	Diesel
1	Albán/ Estación de Servicio	Petróleos y Servicios P y S CA	272000	87000	1306000
2	Avelino/Estación de Servicio	Petróleos y Servicios P y S CA	131000	36500	374500
3	Bellavista/Estación de Servicio	Petroleas y Servicios P y S CA	399980	25000	222000
4	Cotopaxi/Estación de Servicio	EP Petroecuador	458000	165000	359000
5	El Fogón/Estación de Servicio	Petróleos y Servicios P y S CA	976960	133000	181000
6	El progreso/Estación de Servicio	EP Petroecuador	576000	151000	604000
7	El Terminal/Estación de Servicio	Masgas S.A.	1467000	190000	1363000
8	El Triangulo/Estación de Servicio	Lutexa Ind.Comerc. CIA. LDTA	376000	67000	188000
9	Fénix Gasstation/Estación de Servicio	Petróleos y Servicios P y S CA	275000	33000	913000
10	La Mama Negra/Estación de Servicio	Petróleos y Servicios P y S CA	681960	75000	346000
11	Lasso/Estación de Servicio	Petróleos y Servicios P y S CA	341000	73000	1332000
12	Latacunga/Estación de Servicio	Petróleos y Servicios P y S CA	181000	36000	464000
13	Parada Full/Estación de Servicio	Lutexa Ind.Comerc. CIA. LDTA	131000	28000	279000
14	Parada Full/Estación de Servicio	Masgas S.A.	169000	48000	350000
15	Romerillos Gasolinera	EP Petroecuador	499000	216000	683000
16	Sagrada Corazón de Jesús/E. S.	Petroworld S.A.	207500	4500	106000
17	Silva/Estación de Servicio	Petroleas y Servicios P y S CA	545000	112000	741000
18	Sindicato de Choferes Cotopaxi/E.S.	Petroleas y Servicios P y S CA	601000	72000	915000
19	Sultana del Cotopaxi/E. S.	Masgas S.A.	1141000	89000	843000

N°	Cliente	Comercializadora	GALONES / AÑO		
			Extra	Super	Diesel
20	Tocaza/Estación de Servicio	EP Petroecuador	173000		93000
21	Virgen de las Mercedes/E.S.	Petroleos y Servicios P y S CA	1053000	87000	952000
22	Virgen del Quinche/E.S.	Masgas S.A.	395000		331000
23	Vista hermosa/ Estación de Servicio	Petroleos y Servicios P y S CA	77500	17500	143000
Total			11127900	1745500	13088500

Elaborado: Romero A., Vaca P.

Fuente: PETROECUADOR-ARCH

Lo que corresponde a las fuente fijas algunas industrias adquieren el combustible de las comercializadoras directamente o algunas de ellas a través de la estaciones de servicio.

2.3.5 Calidad del Aire

El aire puro es una mezcla gaseosa compuesta aproximadamente de un 78% de nitrógeno, un 21% de oxígeno y un 1% de gases como: dióxido de carbono, ozono, argón, xenón, radón, etc.

Se llama contaminación atmosférica a la adición de cualquier sustancia que altere las propiedades físicas o químicas del aire. Los contaminantes atmosféricos más comunes son el monóxido de carbono, los óxidos de nitrógeno, los óxidos de azufre, los hidrocarburos, los oxidantes fotoquímicos y las partículas. Los componentes de las partículas pueden ser muy diversos: metales pesados, silicatos y sulfatos, entre otros. El gran aumento de los niveles de contaminación del aire constituye en la actualidad uno de los problemas más importantes que afronta la sociedad en general, dado su impacto negativo sobre el medio ambiente y la calidad de vida.

Para mitigar los efectos de la contaminación atmosférica en las grandes ciudades, se necesitan implementar acciones concretas que tiendan a mejorar la calidad del aire y proteger la salud de la población. Un pilar fundamental de las mismas es determinar la calidad del recurso aire, así como las causas y los efectos de su deterioro¹⁰.

A nivel Ecuador la Gestión de la Calidad del Aire, apenas se ha puesto en práctica en las tres principales ciudades como son Quito, Guayaquil y Cuenca, previendo iniciar el estudio referente en posteriores años, bajo la dirección del Ministerio del Ambiente.

En la ciudad de Latacunga al momento existen datos iniciales del equipo de monitoreo para material particulado PM₁₀, del primer semestre del año 2011. Los cuales se pueden observar en el anexo 2

¹⁰ Universidad Nacional de Córdoba, Análisis y Caracterización de la Calidad del Aire, Gestión para la Integración Regional del Centro de Estudios Avanzados de la UNC y del Centro de Información y Documentación Regional de la Secretaría General de la Ciudad, Córdoba – Argentina, 2010

CAPITULO III

3. MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL

Se denota de esta manera al marco de referencia legal e institucional vigente que rodea al tema propuesto, sean leyes, normas, reglamentos, convenios e instructivos, que respaldan la realización del Inventario de Emisiones atmosféricas:

3.1 CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

Publicada en el Registro Oficial No. 449 del 20 de octubre del 2008. Es la norma fundamental que contiene los principios, derechos y libertades de quienes conforman la sociedad ecuatoriana y constituye la cúspide de la estructura jurídica del Estado:

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se

alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional.

Art. 73.- El Estado aplicará medidas de precaución y restricción para las actividades que puedan conducir a la extinción de especies, la destrucción de ecosistemas o la alteración permanente de los ciclos naturales.

Art. 276.- El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos:

4. Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.

Art. 395.- La Constitución reconoce los siguientes principios ambientales:

1. El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras.

2. Las políticas de gestión ambiental se aplicarán de manera transversal y serán de obligatorio cumplimiento por parte del Estado

en todos sus niveles y por todas las personas naturales o jurídicas en el territorio nacional.

3. El Estado garantizará la participación activa y permanente de las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades afectadas, en la planificación, ejecución y control de toda actividad que genere impactos ambientales.

4. En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza.

Art. 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño.

En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas.

La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e indemnizar a las personas y comunidades afectadas.

Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente.

Las acciones legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles.

Art. 397.- En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador de la actividad

que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras o servidores responsables de realizar el control ambiental. Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado se compromete a:

1. Permitir a cualquier persona natural o jurídica, colectividad o grupo humano, ejercer las acciones legales y acudir a los órganos judiciales y administrativos, sin perjuicio de su interés directo, para obtener de ellos la tutela efectiva en materia ambiental, incluyendo la posibilidad de solicitar medidas cautelares que permitan cesar la amenaza o el daño ambiental materia de litigio. La carga de la prueba sobre la inexistencia de daño potencial o real recaerá sobre el gestor de la actividad o el demandado.
2. Establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales.
3. Regular la producción, importación, distribución, uso y disposición final de materiales tóxicos y peligrosos para las personas o el ambiente.
4. Asegurar la intangibilidad de las áreas naturales protegidas, de tal forma que se garantice la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas de los ecosistemas. El manejo y administración de las áreas naturales protegidas estará a cargo del Estado.
5. Establecer un sistema nacional de prevención, gestión de riesgos y desastres naturales, basado en los principios de inmediatez, eficiencia, precaución, responsabilidad y solidaridad.

Art. 398.- Toda decisión o autorización estatal que pueda afectar al ambiente deberá ser consultada a la comunidad, a la cual se

informará amplia y oportunamente. El sujeto consultante será el Estado. La ley regulará la consulta previa, la participación ciudadana, los plazos, el sujeto consultado y los criterios de valoración y de objeción sobre la actividad sometida a consulta.

El Estado valorará la opinión de la comunidad según los criterios establecidos en la ley y los instrumentos internacionales de derechos humanos.

Si del referido proceso de consulta resulta una oposición mayoritaria de la comunidad respectiva, la decisión de ejecutar o no el proyecto será adoptada por resolución debidamente motivada de la instancia administrativa superior correspondiente de acuerdo con la ley.

Art. 399.- El ejercicio integral de la tutela estatal sobre el ambiente y la corresponsabilidad de la ciudadanía en su preservación, se articulará a través de un sistema nacional descentralizado de gestión ambiental, que tendrá a su cargo la defensoría del ambiente y la naturaleza.

Art. 414.- El Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará medidas para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo.

3.2 LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL, CODIFICACIÓN 19

La presente Ley establece los principios y directrices de política ambiental; determina las obligaciones, responsabilidades, niveles de participación de los sectores público y privado en la gestión ambiental y señala los límites permisibles, se hace referencia los siguientes artículos

Art. 4.- Los reglamentos, instructivos, regulaciones y ordenanzas que, dentro del ámbito de su competencia, expidan las instituciones del Estado en materia ambiental, deberán observar las siguientes etapas, según corresponda: desarrollo de estudios técnicos sectoriales, económicos, de relaciones comunitarias, de capacidad institucional y consultas a organismos competentes e información a los sectores ciudadanos.

Art. 9.- Le corresponde al Ministerio del ramo: j) Coordinar con los organismos competentes sistemas de control para la verificación del cumplimiento de las normas de calidad ambiental referentes al aire, agua, suelo, ruido, desechos y agentes contaminantes; k) Definir un sistema de control y seguimiento de las normas y parámetros establecidos y del régimen de permisos y licencias sobre actividades potencialmente contaminantes y la relacionada con el ordenamiento territorial; m) Promover la participación de la comunidad en la formulación de políticas y en acciones concretas que se adopten para la protección del medio ambiente y manejo racional de los recursos naturales.

Art. 23.- La evaluación del impacto ambiental comprenderá: a) La estimación de los efectos causados a la población humana, la biodiversidad, el suelo, el aire, el agua, el paisaje y la estructura y función de los ecosistemas presentes en el área previsiblemente afectada.

Art. 33.- Establécense como instrumentos de aplicación de las normas ambientales los siguientes: parámetros de calidad ambiental, normas de efluentes y emisiones, normas técnicas de calidad de productos, régimen de permisos y licencias administrativas, evaluaciones de impacto ambiental, listados de productos contaminantes y nocivos para la salud humana y el medio

ambiente, certificaciones de calidad ambiental de productos y servicios y otros que serán regulados en el respectivo reglamento.

3.3 LEY DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

La Codificación 20, Registro Oficial Suplemento 418 del 10 de Septiembre de 2004 menciona en sus artículos

Art. 1.- Queda prohibido expeler hacia la atmósfera o descargar en ella, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, contaminantes que, a juicio de los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, puedan perjudicar la salud y vida humana, la flora, la fauna y los recursos o bienes del estado o de particulares o constituir una molestia.

Art. 2.- Para los efectos de esta Ley, serán consideradas como fuentes potenciales de contaminación del aire:

- a) Las artificiales, originadas por el desarrollo tecnológico y la acción del hombre, tales como fábricas, calderas, generadores de vapor, talleres, plantas termoeléctricas, refinerías de petróleo, plantas químicas, aeronaves, automotores y similares, la incineración, quema a cielo abierto de basuras y residuos, la explotación de materiales de construcción y otras actividades que produzcan o puedan producir contaminación; y,
- b) Las naturales, ocasionadas por fenómenos naturales, tales como erupciones, precipitaciones, sismos, sequías, deslizamientos de tierra y otros.

Art. 3.- Se sujetarán al estudio y control de los organismos determinados en esta Ley y sus reglamentos, las emanaciones provenientes de fuentes artificiales, móviles o fijas, que produzcan contaminación atmosférica.

Las actividades tendientes al control de la contaminación provocada por fenómenos naturales, son atribuciones directas de todas aquellas instituciones que tienen competencia en este campo.

Art. 4.- Será responsabilidad de los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, en coordinación con otras Instituciones, estructurar y ejecutar programas que involucren aspectos relacionados con las causas, efectos, alcances y métodos de prevención y control de la contaminación atmosférica.

Art. 5.- Las instituciones públicas o privadas interesadas en la instalación de proyectos industriales, o de otras que pudieran ocasionar alteraciones en los sistemas ecológicos y que produzcan o puedan producir contaminación del aire, deberán presentar a los Ministerios de Salud y del Ambiente, según corresponda, para su aprobación previa, estudios sobre el impacto ambiental y las medidas de control que se proyecten aplicar.

3.4 TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN SECUNDARIA

Directamente la mención a la calidad del aire se encuentra en el Anexo 4 del Libro VI del (TULAS), actualmente, la Reforma a esta Norma de Calidad, publicada en el Registro Oficial No. 464, del 07 de Junio de 2011.

4. REQUISITOS

4.1 Norma de calidad de aire ambiente

4.1.1 De los contaminantes del aire ambiente

4.1.1.1 Para efectos de esta norma se establecen como contaminantes criterio del aire ambiente a los siguientes:

- a) Partículas Sedimentables.
- b) Material Particulado de diámetro aerodinámico menor a 10 (diez) micrones. Se abrevia PM_{10} .
- c) Material Particulado de diámetro aerodinámico menor a 2,5 (dos enteros cinco décimos) micrones. Se abrevia $PM_{2,5}$.
- d) Dióxido de Nitrógeno NO_2 .
- e) Dióxido de Azufre SO_2 .
- f) Monóxido de Carbono CO .
- g) Ozono O_3 .

4.1.1.2 Para efectos de esta norma se establecen como contaminantes no convencionales con efectos tóxicos y/o carcinogénicos a los siguientes:

- a) Benceno (C_6H_6).
- b) Cadmio (Cd).
- c) Mercurio inorgánico (vapores) (Hg).

4.1.1.3 La Autoridad Ambiental Nacional en coordinación con las autoridades ambientales de Aplicación Responsable acreditadas al Sistema Único de Manejo Ambiental, desarrollará e implementará a nivel nacional los programas de monitoreo para el cumplimiento de la presente norma.

4.1.1.5 La responsabilidad del monitoreo de las concentraciones de contaminantes en el aire ambiente recaerá en la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental. Los equipos, métodos y procedimientos a utilizarse, tendrán como referencia a aquellos descritos en la

legislación ambiental federal de los Estados Unidos de América (Code of Federal Regulations, Anexos 40 CFR 50), por las Directivas de la Comunidad Europea y Normas de la American Society for Testing and Materials (ASTM).

4.1.2 Normas generales para concentraciones de contaminantes criterio en el aire ambiente.

4.1.2.1 Para los contaminantes criterios del aire, definidos en 4.1.1.1, se establecen las siguientes concentraciones máximas permitidas. La Autoridad Ambiental Nacional establecerá la frecuencia de revisión de los valores descritos en la presente norma de calidad de aire ambiente. La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental utilizará los valores de concentraciones máximas de contaminantes del aire ambiente aquí definidos, para fines de elaborar su respectiva ordenanza o norma sectorial. La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental podrá establecer normas de calidad de aire ambiente de mayor exigencia que los valores descritos en esta norma nacional, esto si los resultados de las evaluaciones de calidad de aire que efectúe dicha autoridad indicaren esta necesidad.

Partículas sedimentables.- La máxima concentración de una muestra, colectada durante 30 (treinta) días de forma continua, será de un miligramo por centímetro cuadrado ($1\text{mg}/\text{cm}^2 \times 30 \text{ d}$).

Material particulado menor a 10 micrones (PM_{10}).- El promedio aritmético de la concentración de PM_{10} de todas las muestras en un año no deberá exceder de cincuenta microgramos por metro cúbico ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

El promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas, no deberá exceder de cien microgramos por metro cúbico ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Se considera sobrepasada la norma de calidad del aire para material particulado PM_{10} cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un periodo anual en cualquier estación monitorea sea mayor o igual a $(100 \mu\text{g}/\text{m}^3)$.

Material particulado menor a 2,5 micrones ($PM_{2,5}$).- El promedio aritmético de la concentración de $PM_{2,5}$ de todas las muestras en un año no deberá exceder de quince microgramos por metro cúbico $(15 \mu\text{g}/\text{m}^3)$.

El promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas, no deberá exceder de cincuenta microgramos por metro cúbico $(50 \mu\text{g}/\text{m}^3)$.

Se considera sobrepasada la norma de calidad del aire para material particulado $PM_{2,5}$ cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un período anual en cualquier estación monitorea sea mayor o igual a $(50 \mu\text{g}/\text{m}^3)$

Dióxido de azufre (SO_2).- La concentración SO_2 en 24 horas no deberá exceder ciento veinticinco microgramos por metro cúbico $(125 \mu\text{g}/\text{m}^3)$, la concentración de este contaminante para un periodo de diez minutos, no debe ser mayor a quinientos microgramos por metro cúbico $(500 \mu\text{g}/\text{m}^3)$.

El promedio aritmético de la concentración de SO_2 de todas las muestras en un año no deberá exceder de sesenta microgramos por metro cúbico $(60 \mu\text{g}/\text{m}^3)$.

Monóxido de carbono (CO).- La concentración de monóxido de carbono de las muestras determinadas de forma continua, en un período de 8 (ocho) horas, no deberá exceder diez mil microgramos por metro cúbico $(10\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3)$ no más de una vez al año. La concentración máxima en (1) una hora de monóxido de carbono no deberá exceder treinta mil microgramos por metro cúbico $(30\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3)$ no más de una vez al año.

Ozono.- La máxima concentración de ozono, obtenida mediante muestra continua en un período de (8) ocho horas, no deberá exceder de cien microgramos por metro cúbico ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$), más de una vez en un año.

Dióxido de nitrógeno (NO_2).- El promedio aritmético de la concentración de Dióxido de nitrógeno, determinado en todas las muestras en un año, no deberá exceder de cuarenta microgramos por metro cúbico ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La concentración máxima en (1) una hora no deberá exceder doscientos microgramos por metro cúbico ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

4.1.2.2 Los valores de concentración de contaminantes criterio del aire, establecidos en esta norma, así como los que sean determinados en los programas públicos de medición, están sujetos a las condiciones de referencia de 25°C y 760 mm Hg .

4.1.2.3 Las mediciones observadas de concentraciones de contaminantes criterio del aire deberán corregirse de acuerdo a las condiciones de la localidad en que se efectúen dichas mediciones, para lo cual se utilizará la siguiente ecuación:

$$C_c = C_o * \frac{760 \text{ mmHg}}{P_{bl} \text{ mmHg}} * \frac{(273 + t^\circ\text{C})K}{298 K}$$

Donde:

C_c : concentración corregida.

C_o : concentración observada.

P_{bl} : presión atmosférica local, en milímetros de mercurio.

$t^\circ\text{C}$: temperatura local, en grados centígrados

K : Kelvin

4.1.3 De los planes de alerta, alarma y emergencia de la calidad del aire

4.1.3.1 La Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental establecerá un Plan de Alerta, de Alarma y de Emergencia ante Situaciones Críticas de Contaminación del Aire, basado en el establecimiento de tres niveles de concentración de contaminantes. La ocurrencia de estos niveles determinará la existencia de los estados de Alerta, Alarma y Emergencia.

4.1.3.2 Se definen los siguientes niveles de alerta, de alarma y de emergencia en lo referente a la calidad del aire. Cada uno de los tres niveles será declarado por la Autoridad Ambiental de Aplicación Responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental cuando uno o más de los contaminantes criterio indicados exceda la concentración establecida en la Tabla 1, o cuando se considere que las condiciones atmosféricas que se esperan sean desfavorables en las próximas 24 horas.

Tabla N° 6 Concentraciones de contaminantes criterio que definen los niveles de alerta, de alarma y de emergencia en la calidad del aire

CONTAMINANTE Y PERÍODO DE TIEMPO	ALERTA	ALARMA	EMERGENCIA
Monóxido de Carbono Concentración promedio en ocho horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	15000	30000	40000
Ozono Concentración promedio en ocho horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	200	400	600
Dióxido de Nitrógeno Concentración promedio en una hora ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1000	2000	3000

CONTAMINANTE Y PERÍODO DE TIEMPO	ALERTA	ALARMA	EMERGENCIA
Monóxido de Carbono Concentración promedio en ocho horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	15000	30000	40000
Ozono Concentración promedio en ocho horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	200	400	600
Dióxido de Azufre Concentración promedio en veinticuatro horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	200	1000	1800
Material particulado PM 10 Concentración en veinticuatro horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	250	400	500
Material Particulado PM 2,5 Concentración en veinticuatro horas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	150	250	350

Fuente: Reforma de la Norma de Calidad del Aire Ambiente o Nivel de Inmisión, constante en el Anexo 4 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, y que forma parte del conjunto de normas técnicas ambientales para la prevención y control de la contaminación, citadas en la Disposición General Primera del Título IV del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

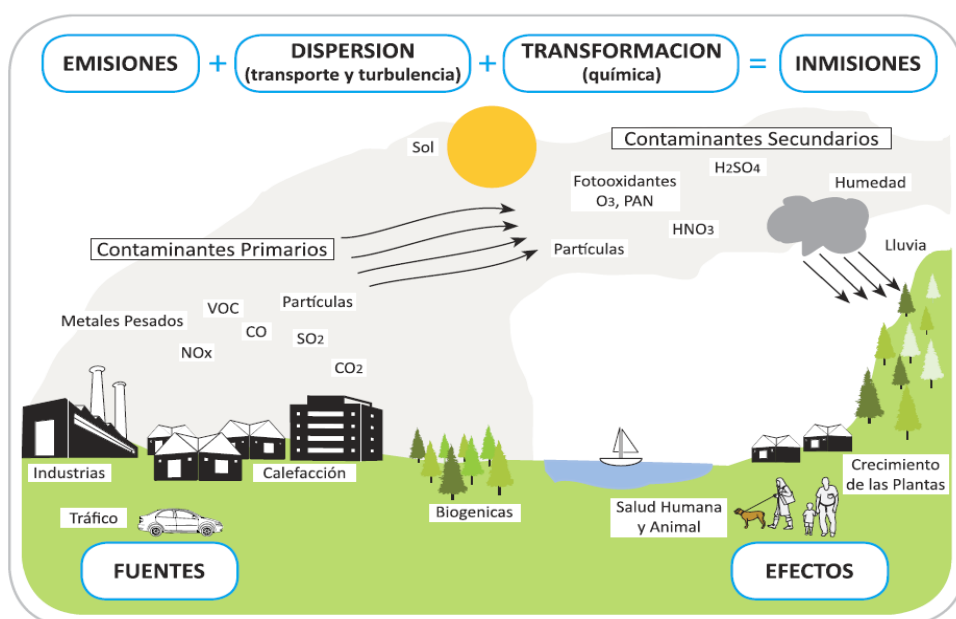
Nota: Todos los valores de concentración expresados en microgramos por metro cúbico de aire, a condiciones de 25° C y 760 mm Hg.

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS DE CONTAMINANTES A CONSIDERAR

Para el inventario de emisiones atmosféricas, cabe considerar el análisis de los contaminantes a tomarse en cuenta dentro del estudio, siendo estos compuestos contaminantes los principales en primera instancia para desarrollar y conseguir la apreciación apropiada de la calidad del aire en el cantón Latacunga, como base para los avances de su Gestión de la Contaminación Atmosférica.

Gráfico N° 3 Esquema general de la contaminación atmosférica



Fuente: SÁNCHEZ, R., Esquemas de la Contaminación Atmosférica, Bogotá, 2010

4.1 MATERIAL PARTICULADO (PM₁₀, PM_{2.5})

El Material Particulado¹¹ (PM) es una compleja mezcla de partículas suspendidas en el aire las que varían en tamaño y composición dependiendo de sus fuentes de emisiones atmosféricas. Se dice que es un contaminante de naturaleza compleja no sólo por sus características físicas (masa, tamaño, y densidad), sino también por sus las químicas (contiene compuestos orgánicos e inorgánicos, metales y contaminantes primarios y secundarios). Estas características son críticas para determinar el tipo y magnitud de los efectos sobre la salud humana¹².

Las partículas sólidas se manifiestan en un amplio rango de tamaños, pero desde el punto de vista de la salud las que mayor interés tiene son las partículas con diámetros menores a 10 micrómetros (PM₁₀) que son las que pueden ser inhaladas y se acumulan dentro del sistema respiratorio; dentro de ellas, especial atención demandan las partículas menores a 2.5 micrómetros de diámetro (PM_{2.5}), generalmente referidas como “finas”.

El seguimiento del material particulado atmosférico en suspensión en las redes de vigilancia de calidad del aire se debe a sus adversos efectos sobre la salud en los seres humanos, a su capacidad de reducción de la visibilidad y a su influencia sobre el clima.

¹¹ PADILLA, Galo y SÁENZ, Shirley, Monitoreo de Material Particulado, Laboratorio Dr. A. Bjarner, Elicrom Cía. Ltda., Guayaquil – Ecuador, 2009

¹² PRÉNDEZ, M., Estudio Preliminar del Material Particulado de Fuentes Estacionarias: Aplicación al Sistema de Compensación de Emisiones en la Región Metropolitana, Departamento de Estudios Químicos, Chile, 2008

La Organización Mundial de la Salud¹³ ha insistido en que para este tipo de contaminantes no existe un valor bajo el cual es inofensivo para la salud humana y más bien la gravedad de los daños está relacionada con los tiempos de exposición que pueden ir desde un día hasta períodos mucho mayores.

El abanico de los efectos en la salud es amplio, pero se producen en particular en los sistemas respiratorio y cardiovascular. Se ve afectada toda la población, pero la susceptibilidad a la contaminación puede variar con la salud o la edad. Se ha demostrado que el riesgo de diversos efectos aumenta con la exposición, y hay pocas pruebas que indiquen un umbral por debajo del cual no quepa prever efectos adversos en la salud. En realidad, el nivel más bajo de la gama de concentraciones para las cuales se han demostrado efectos adversos no es muy superior a la concentración de fondo, que para las partículas de menos de 2,5 μ ($PM_{2,5}$) se ha estimado en 3-5 $\mu g/m^3$ tanto en los Estados Unidos como en Europa occidental.

Las pruebas epidemiológicas ponen de manifiesto efectos adversos del Material Particulado tras exposiciones tanto breves como prolongadas. Puesto que no se han identificado umbrales y dado que hay una variabilidad inter-específica sustancial en la exposición y en la respuesta a una exposición determinada, es poco probable que una norma o un valor guía, ofrezca una protección completa a todas las personas frente a todos los posibles efectos adversos del material particulado en la salud. El proceso de fijación de normas debe orientarse más bien a alcanzar las concentraciones más bajas posibles teniendo en cuenta las limitaciones, la capacidad y las prioridades en materia de salud pública en el ámbito local. La evaluación

¹³ Organización Mundial de la Salud OMS, Guía de Calidad del Aire relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre, 2009

cuantitativa del riesgo ofrece un procedimiento para comparar situaciones hipotéticas alternativas de control y estimar el riesgo residual asociado con un valor guía. Tanto la Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos como la Comisión Europea han utilizado recientemente este procedimiento para revisar sus normas de calidad del aire para el Material Particulado.

Se alienta a los países a examinar la adopción de una serie de normas cada vez más estrictas y a hacer un seguimiento de los progresos mediante la vigilancia de la reducción de las emisiones atmosféricas y la disminución de las concentraciones de material particulado. Para contribuir a este proceso, los valores guía numérico y los valores de los objetivos intermedios que se dan aquí reflejan las concentraciones a las cuales, según los descubrimientos científicos actuales, se prevé que habrá una respuesta de mortalidad creciente debida a la contaminación del aire con material particulado.

Es por esta razón que se hace indispensable llevar un control por medio de constantes programas de monitoreo en cada fuente fija y si fuere económicamente factible en las fuentes móviles, con el único fin de conservar el medio ambiente libre de contaminantes para las futuras generaciones.

4.1.1 Composición general del material particulado

El análisis completo del material particulado que contiene una muestra atmosférica consiste de tres etapas:

- a) La cuantificación de la masa
- b) La caracterización de la distribución por tamaño de partículas

c) El análisis físico y químico de las fracciones particuladas

Las grandes contribuciones de material particulado son debidas a las emisiones atmosféricas generadas por el hombre, en las diversas formas que son llamadas antropogénicas. Así pues, la composición¹⁴ del material particulado incluye elementos livianos como el aluminio, silicio, calcio, potasio; así como elementos pesados como hierro, zinc, vanadio, plomo, titanio; además de compuestos orgánicos de elevada toxicidad y potencial efecto cancerígeno-mutagénico. Muchos de estos metales provienen de la incineración de residuos sólidos y son responsables de provocar en los humanos, cáncer y enfermedades del sistema nervioso, hígado, riñones, sangre y otros órganos. El material antropogénico está constituido por los siguientes componentes:

- Partículas sólidas que se derivan de fuentes fijas o móviles, producto de combustión del petróleo, leña o carbón
- Partículas < 0.2 µm, provenientes de las reacciones fotoquímicas entre óxidos nitrógeno (NOx) e hidrocarburos (TPH Hidrocarburos Totales de Petróleo y HAPS Hidrocarburos Aromáticos y Policíclicos).
- Aerosoles secundarios, producto de la transformación de gases en material particulado, como los sulfatos.

El proceso de conversión de una partícula a partir de un gas, juega un rol muy importante en la contaminación del aire, tanto a nivel de fuentes emisoras como en el aire atmosférico de las ciudades. Se ha estimado que el 30% de la masa de aerosol se genera por este mecanismo en algunas grandes ciudades a lo largo del mundo. Este material es el gran responsable

¹⁴ CELIS, José, Aspectos Importantes de la Contaminación Atmosférica por Material Particulado, Universidad de Concepción, Campus Chillán, Chile, 2010

de la pérdida de la visibilidad, pues en el rango de 0.1 a 1 μm , en el cual, la luz se dispersa mucho mejor.

Otro proceso importante en cuanto a composición, ocurre por cuanto el aerosol, es la coagulación o solidificación de pequeñas gotas y se presenta junto a la conversión gas-partícula simultáneamente. Por otra parte, la movilidad de los particulados y tiempo de permanencia en el aire dependen de su tamaño y densidad. Las partículas más pequeñas y livianas pueden viajar largas distancias y permanecer en el aire, por grandes períodos de tiempo.

4.1.2 Fuentes de material particulado

Algunas partículas son emitidas directamente desde las chimeneas y los escapes de los vehículos. En otros casos, los gases como: SO_2 , NO_x y compuestos orgánicos volátiles COVs, interactúan en el aire y forman material particulados; las quemaduras de rastrojos de cultivos, arrojan grandes cantidades de material particulado al aire, así como la quema de desechos sólidos. Como resultado, la composición química y física de las partículas varía bastante de una u otra fuente.

En general, el material particulado entre 2.5 y 10 micras proviene del tránsito vehicular por caminos de tierra, humos de combustión, actividades de molienda, chancado de materiales, fabricación y manipulación de cemento, entre otras actividades afines. El particulado fino menos a 2.5 micras, proviene del escape de los gases de combustión vehicular, humo del tabaco, smog fotoquímico, entre otras fuentes similares.

La urgencia e importancia de monitorear material particulado, así como de, fijar normativas de control, es porque las industrias como fuentes masivas de emisión de partículas y otros gases, contribuyen al deterioro de la calidad del aire y consecuentemente al daño en la salud. Es así, como las industrias del cemento, del vidrio, cerámicas, minería, tienen una composición química similar a las emisiones atmosféricas del suelo, lo cual, contiene bastante nocividad al ser inhaladas, por su alto contenido de Ca, Al, Si, Fe, K...

Así también, compuestos del tipo de los Alcanos, Alquenos, Aromáticos e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs), son los componentes primarios y frecuentes dentro de la composición de materia orgánica particulada. Los Alcanos encontrados en el particulado atmosférico son cadenas hidrocarbonadas con un rango que va desde C17 a C36. Los HAPs son los compuestos más fuertemente estudiados en el particulado Atmosférico y la importancia de su estudio no radica en la cantidad en masa que compone el particulado, la cual es una pequeña fracción, sino en los posibles efectos adversos sobre la salud¹⁵.

4.1.3 Mediciones del material particulado PM10

El Ministerio del Ambiente, en convenio con la Municipalidad, instaló este viernes 21 de enero en El Salto un equipo para tomar muestras de la calidad del aire en Latacunga. El aparato será ubicado por períodos en varios sitios de la ciudad y se espera tener los resultados preliminares

¹⁵ Universidad Nacional de Córdoba, Análisis y Caracterización de la Calidad del Aire, Gestión para la Integración Regional del Centro de Estudios Avanzados de la UNC y del Centro de Información y Documentación Regional de la Secretaría General de la Ciudad, Córdoba – Argentina, 2010

El equipo para mediciones PM_{10} está en la terraza de las baterías higiénicas de la plataforma occidental de la plaza El Salto en las Calles Juan Abel Echeverría y Antonia Vela. El equipo se espera trasladarlo a diferentes sectores, especialmente junto a plazas, mercados, fábricas y bloqueras. Los resultados formaran parte del Plan Nacional de calidad del Aire.

El monitoreo se llevo a cabo durante los meses de febrero a junio del año 2011, período en el cual se obtuvo 14 resultados de los cuales la concentración de PM_{10} se encuentra bajo los límites permisibles a excepción de una sola vez debido a la actividad volcánica del Tungurahua. (Ver anexo 2)

4.1.4 Efectos del PM_{10} , $PM_{2.5}$ sobre la salud

La exposición media a partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$ puede provocar en los niños un incremento del riesgo de padecer efectos crónicos por deterioro de la función pulmonar así como una exacerbación de patologías previas como asma, EPOC¹⁶, etc. Este indicador presenta una buena correlación con diferentes efectos en salud en términos de morbilidad, así como con la mortalidad en adultos.

Parece que las partículas ejercen más efecto en la mortalidad por todas las causas en ciudades que presentan climas más cálidos y que tienen concentraciones más altas de NO_2 . Estudios toxicológicos en humanos y animales sugieren que las partículas pueden generar respuestas inflamatorias tanto en el sistema respiratorio como en el circulatorio, cambios

¹⁶ Enfermedad pulmonar obstructiva crónica, s un trastorno pulmonar que se caracteriza por la existencia de una obstrucción de las vías aéreas generalmente progresiva y en general no reversible.

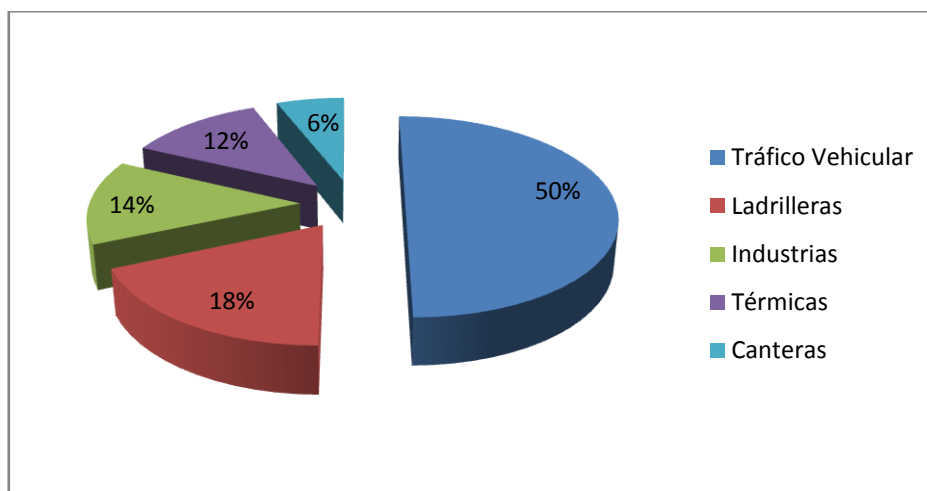
en la viscosidad de la sangre, aumento de la presión arterial y de privación de oxígeno. Todo ello podría explicar su efecto en la mortalidad.

Hasta la fecha la Organización Mundial de la Salud (OMS) no ha conseguido encontrar un valor umbral por debajo del cual no se produzcan efectos cuantificables sobre la salud. Sin embargo, a la luz de las evidencias, la OMS revisó las Guías de la calidad del Aire para las partículas en el año 2005. Como consecuencia de esta revisión estableció los siguientes valores. Sin embargo, se conoce que para PM_{10} la media anual no debe superar los $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la media diaria los $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Para $PM_{2,5}$ la media anual no debe superar los $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la media diaria los $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que no deberá superarse en más de 3 días al año.

Está comprobado por tanto, que la contaminación atmosférica a raíz del material particulado, puede provocar daños en la salud agudos, acumulativos y crónicos, dependiendo del grado de exposición y de los factores propios de cada individuo en base a sus defensas y vulnerabilidad. Las partículas ingresan al organismo vía respiratoria y van disminuyendo de tamaño, conforme llegan a mayor profundidad y con la mayor cantidad posible. El material particulado que llega a los pulmones afecta notablemente a los mecanismos de limpieza del tracto respiratorio, dificultando la eliminación de las partículas nocivas. Si las partículas han atrapado gases irritantes, llegan a los pulmones, causando grave malestar, más aún, cuando se trata de composición significativa de metales pesados.

En definitiva, no hay que olvidar que la exposición a fuertes cantidades de PM_{10} y $PM_{2,5}$, durante un tiempo determinado, puede provocar desde irritaciones, molestias generales, hasta la agudeza de caer en cáncer, bronquitis, asma, daños del sistema nervioso, entre otras consecuencias que llegan a ser difícilmente manejables y eliminables para el individuo.

Gráfico N° 4 Emisiones típicas de Material Particulado PM₁₀, en el sector urbano

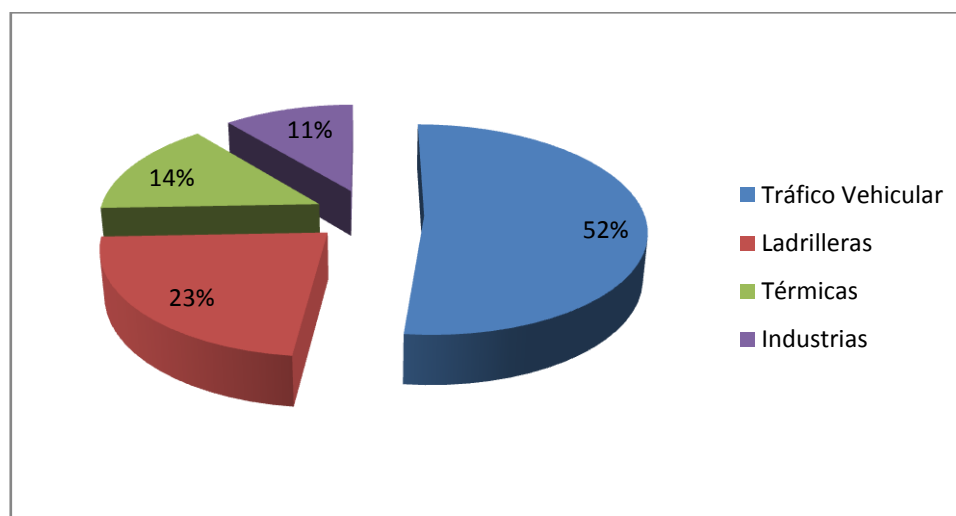


Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Inventario de emisiones atmosféricas del cantón Cuenca año 2007

El 50% del total de la emisión se atribuye al tráfico vehicular, el restante 50% se distribuye así, 18% ladrilleras, 14% industrias, 12% térmicas y 6% canteras.

Gráfico N° 5 Emisiones típicas de Material Particulado PM_{2.5}, en el sector urbano



Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Inventario de emisiones atmosféricas del cantón Cuenca año 2007

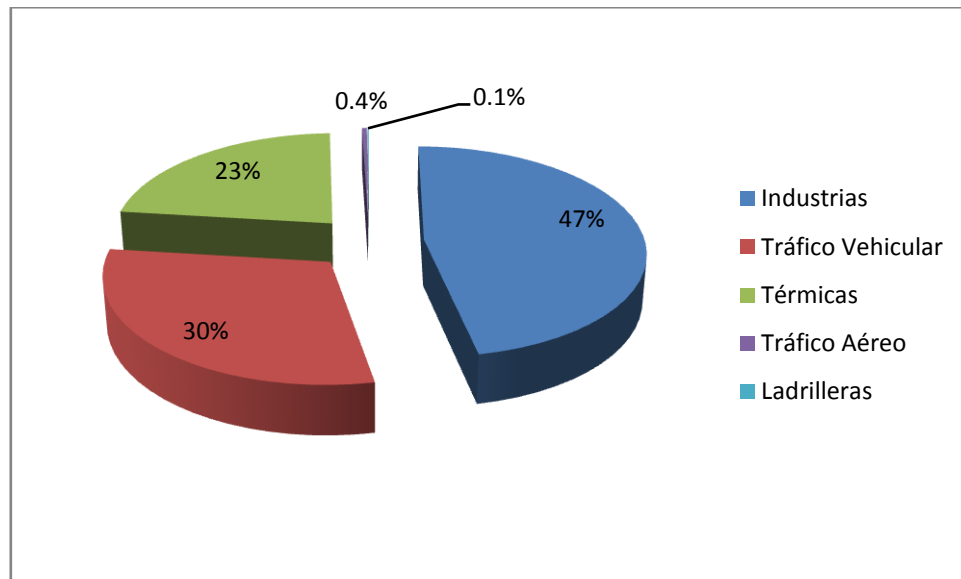
El 52% de emisión de material particulado 2,5 corresponde al tráfico vehicular, el 23% a las industrias, 14% térmicas y el 11% a ladrilleras.

4.2 DIÓXIDO DE AZUFRE

El aire contaminado por actividades industriales es a menudo llamado como niebla industrial y dos componentes importantes de dicha niebla son el SO_2 y el SO_3 , identificados en forma colectiva como SO_x . Estos óxidos de azufre se originan de varias fuentes, tales como:

- a) La oxidación espontánea del sulfuro de hidrógeno que escapa a la atmósfera.
- b) Las emanaciones volcánicas y de depósitos de gas natural
- c) Las actividades antropogénicas:
 - combustión de combustibles fósiles
 - extracción de minerales preciosos y forja de metales
 - vulcanización del caucho
 - elaboración de agentes decolorantes y preservativos en la industria de alimentos

Gráfico N° 6 Emisiones atmosféricas Típicas de SO₂ en el sector urbano



Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Inventario de emisiones atmosféricas del cantón Cuenca año 2007

Se puede observar que el 47 % de las emisiones de SO₂, sector industrial, seguido del tráfico vehicular con 30% y las centrales térmicas 23%.

El SO₂ es un gas irritante, que agrava los síntomas de personas que padecen de asma, bronquitis enfisema y otras enfermedades respiratorias. Al combinarse con agua forma ácido sulfuroso, el cual es muy inestable. Las sales de este ácido se oxidan fácilmente a sulfatos, siendo esta una de las fuentes de sulfato en el agua de lluvia¹⁷.

El trióxido de azufre se origina de la oxidación aeróbica del SO₂. Este proceso es normalmente lento, pero puede ser acelerado en presencia de partículas pequeñas de ceniza. En adición, cuando la humedad del aire es alta las partículas de ceniza promoverán la conversión del vapor de agua a

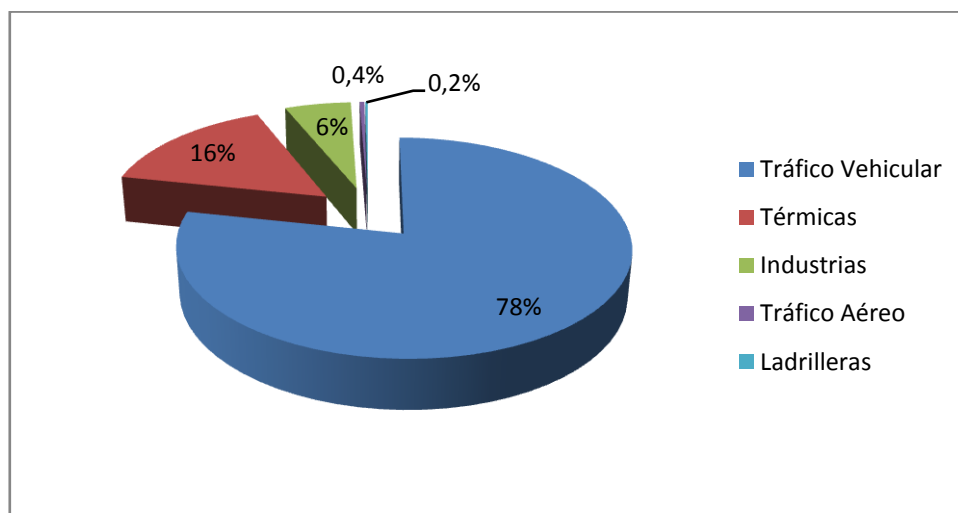
¹⁷ Instituto Químico de gases Atmosféricos, Nutrientes y gases: Azufre, Barcelona – España, 2010

un aerosol de pequeñas gotas de agua que se llama niebla. El trióxido de azufre al combinarse con el vapor de agua forma ácido sulfúrico. Cuando se inhala el aerosol, las gotas de ácido sulfúrico son tan pequeñas que pueden quedar atrapadas en el tejido pulmonar causando daños severos. Se han producido casos de niebla tóxica que puede causar y ha causado la muerte de muchas personas.

4.3 DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO_x)

El dióxido de nitrógeno forma parte de un grupo de contaminantes gaseosos que se producen como consecuencia del tráfico rodado y de otros procesos de quema de combustibles fósiles. Su presencia en el aire contribuye a la formación de smog fotoquímico y a la modificación de otros contaminantes del aire tales como, el ozono y las partículas en suspensión, así como a la aparición de la lluvia ácida.

Gráfico N° 7 Emisiones típicas de NO_x en el sector urbano



Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Inventario de emisiones atmosféricas del cantón Cuenca año 2007

Es decir, el 55% de las emisiones de NOx, provienen del sector transporte, seguido por las plantas generadoras de energía y el sector industrial.

Así pues, los estudios realizados¹⁸ sobre poblaciones humanas indican que la exposición a largo plazo al NO₂, a los niveles que actualmente se registran en la atmósfera de cada pueblo, puede provocar una disminución de la función pulmonar y aumentar el riesgo de aparición de síntomas respiratorios como bronquitis aguda, tos y flema, especialmente en los niños.

Aunque algunos estudios establecen una relación entre exposición al NO₂ y mortalidad, las pruebas existentes siguen siendo insuficientes para concluir que los efectos sobre la mortalidad sean atribuibles específicamente a la exposición a largo plazo al NO₂.

La exposición humana controlada ha demostrado que el NO₂ por sí solo provoca efectos agudos sobre la salud. Debido a las complejas relaciones entre las concentraciones en el aire ambiente de NO₂, partículas en suspensión y ozono, los estudios en poblaciones humanas no han conseguido aislar los posibles efectos del NO₂.

Así también se ha demostrado que la exposición al NO₂ aumenta la respuesta alérgica al polen inhalado. Se considera que las personas con asma y los niños en general son más vulnerables a la exposición al NO₂.

No hay pruebas respecto a la existencia de un umbral de exposición al NO₂ por debajo del cual no sea previsible ningún efecto sobre la salud.

¹⁸ Green Facts, Contaminación del aire con Dióxido de Nitrógeno, Investigación sobre salud y ambiente, España, 2009

Los automóviles y en determinados lugares, la producción de energía son las causas principales de la contaminación del aire por NO₂. La exposición individual al NO₂ depende principalmente de las concentraciones exteriores locales. Sin embargo, también puede verse afectada por fuentes contaminantes de interiores como el humo del tabaco y las cocinas de gas o los aparatos de calefacción de gas sin ventilación.

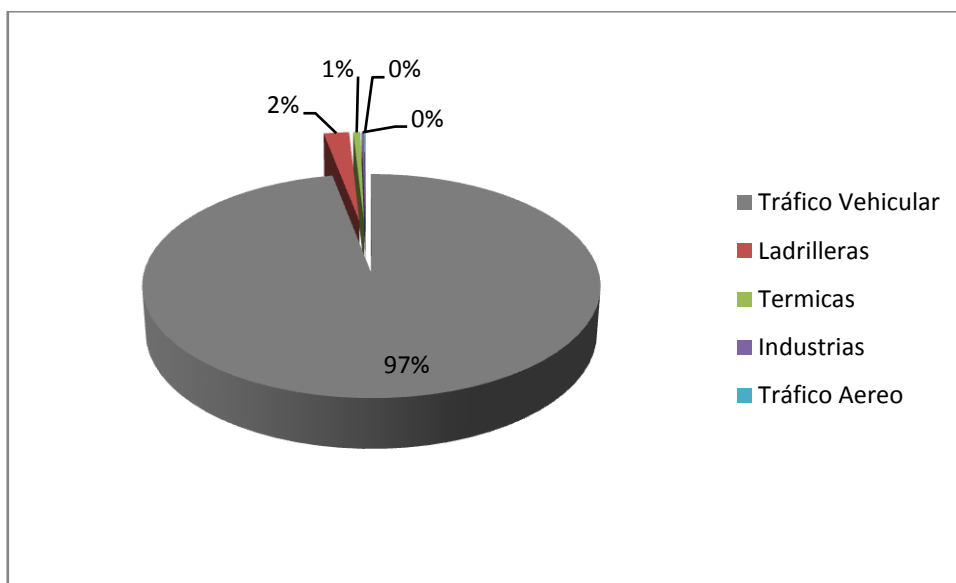
Las poblaciones que residen cerca de vías con mucho tráfico están especialmente expuestas y afectadas por la contaminación con NO₂. Los estudios demuestran que la exposición de corta duración a concentraciones punta puede aumentar las reacciones alérgicas respiratorias. Aunque algunos estudios establecen una relación entre exposición al NO₂ y mortalidad, las pruebas existentes siguen siendo insuficientes para concluir que los efectos sobre la mortalidad sean atribuibles específicamente a la exposición a largo plazo al NO₂.

4.4 MONÓXIDO DE CARBONO

El monóxido de carbono (CO) es un gas o líquido incoloro que prácticamente no tiene olor ni sabor. Se produce como consecuencia de la oxidación incompleta del carbón en la combustión. Al quemarse se forma una flama violeta. Es ligeramente soluble en agua, en alcohol y en benceno. La gravitación específica es 0.9716; punto de ebullición -190°C; punto de solidificación -207°C; volumen específico 13.8 cu ft./lb (70°F); temperatura de auto ignición (liquida) 1128°F. Clasificada como compuesto inorgánico¹⁹.

¹⁹ Agencia de Protección Ambiental EPA, Monóxido de Carbono, USA, 2010

Gráfico N°8 Emisiones típicas de CO en el sector urbano



Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Inventario de emisiones atmosféricas del cantón Cuenca año 2007

Se puede observar que el 97% de las emisiones de CO, provienen de los vehículos, y el resto del 3% se divide en ladrilleras, térmicas, industrias y tráfico aéreo.

Las principales fuentes comunes de emisión son las siguientes

- calentadores portátiles o de espacio que utilizan querosén y no tienen ventiladores o respiraderos
- chimeneas y sistemas de calefacción con escapes
- corrientes de aire provenientes de la parte trasera de unidades centrales de calefacción, calentadores de agua de gas, estufas y chimeneas de leña
- estufas de gas
- generadores y otros enseres que usan gasolina

- tubo de escape de los automóviles provenientes de un garaje pegado a la casa
- humo de tabaco en el medio ambiente

La oxidación incompleta durante la combustión en hornillas de gas y en los calentadores portátiles sin respiraderos ya sean de gas o de querosén puede ocasionar concentraciones altas de monóxido de carbono en el medio ambiente interior. Otras fuentes significativas de monóxido de carbono son los siguientes aparatos de combustión:

- calderas
- sistemas de calefacción viejos
- sistemas de calefacción instalados incorrectamente o los que no se les ha dado el mantenimiento adecuado
- tuberías para el humo que están ajustadas incorrectamente, tapadas, desconectadas o con fugas.

Otras fuentes pueden ser los tubos de escape de autos, camiones o autobuses ya estén en garajes pegados a la estructura del edificio o vivienda o provenientes de carreteras o estacionamientos cercanos.

En cuanto a la formación de carboxihemoglobina, el CO se absorbe fácilmente por los pulmones, pasa a la circulación y se une a la hemoglobina, con una afinidad 240 veces mayor que la del oxígeno, formando carboxihemoglobina. La unión del CO en uno de los cuatro lugares de transporte de la hemoglobina ocasiona un aumento de la afinidad de la misma por el oxígeno en los tres restantes. Por ello, la carboxihemoglobina es una molécula incapaz de oxigenar los tejidos.

El CO se une también a la mioglobina muscular y a la mioglobina cardíaca alterando la función muscular. La disfunción del miocardio hipóxico ocasiona mala perfusión²⁰.

El cerebro es el órgano más sensible a la inhalación de CO. Los síntomas neurológicos más frecuentes en los niños son: cefalea, mareo, debilidad, ataxia, irritabilidad, somnolencia y, en los casos graves, convulsiones y coma.

Un efecto del CO, bien conocido en adultos, es el síndrome neurológico tardío. Los pacientes se recuperan después de una intoxicación grave durante un período de tiempo de varios días a un mes, posteriormente, comienzan con síntomas que pueden incluir trastornos en el área cognitiva (poca concentración, dificultades en el aprendizaje, pérdida de memoria), agnosia, apraxia, cambios en la personalidad, neuropatía periférica, ceguera cortical, incontinencia, convulsiones, alteraciones motoras e, incluso, demencia o psicosis. Aunque la incidencia exacta en niños es desconocida, es menor que en adultos y siempre en relación con intoxicaciones graves.

4.5 FUENTES EVALUADAS

Las fuentes a ser evaluadas en el inventario se dividen principalmente en tres tipos las cuales se detalla a continuación:

²⁰ DE LA TORRE, M., Intoxicaciones por Monóxido de Carbono, Investigación de la Salud, España, 2009

4.5.1 Fuentes Móviles

Son las fuentes de emisión que por razón de su uso o propósito son susceptible de desplazarse por su propia fuerza motriz, de las cuales se asocian principalmente las emisiones. Es decir todos los vehículos livianos, pesados y motocicletas que circulen dentro del territorio del Cantón Latacunga

4.5.2 Fuentes fijas

Es aquella instalación o conjunto de instalaciones, que tiene como finalidad desarrollar operaciones o procesos industriales, comerciales o de servicios, y que emite o puede emitir contaminantes al aire, debido a proceso de combustión, desde un lugar fijo o inamovible. En este tipo de fuente se posee alrededor de 60 establecimientos industriales e institucionales que tiene un consumo considerable de combustible para sus operaciones.

4.5.3 Fuentes de área

Están formadas de muchas fuentes más pequeñas emitiendo contaminantes al aire libre en un área definida. Son muy numerosas por lo tanto en algunos casos se excluyen del inventario de emisiones. Para el caso particular de Latacunga se designo como fuentes de área las ladrilleras, y la cantera de Holcim.

4.6 METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Existen diversas maneras de estimar las emisiones de gases contaminantes, la selección del método que se debe utilizar, depende de varios parámetros que deben cumplir las ciudades o el área seleccionada en donde se va a realizar el inventario.

Entre los métodos tenemos los siguientes:

4.6.1 Muestreo en la fuente

Son mediciones directas de la concentración de contaminantes en un volumen conocido de gas y de la tasa de flujo del gas en la chimenea. Son utilizadas con mayor frecuencia para fuentes de emisiones de combustión.

4.6.2 Modelo de emisiones

Son ecuaciones desarrolladas cuando las emisiones no se relacionan directamente con un solo parámetro. Se pueden usar computadoras en el caso de que se tenga un gran número de cálculos complejos. En este inventario se utilizaron: el programa TANKS 3.1, modelo utilizado para estimar las emisiones de HC en tanques de almacenamiento; PCBEIS 2.2, para estimar las emisiones de HC y NO_x provenientes de la vegetación y del suelo; el modelo MOBILE5a.3MCMA, para estimar las emisiones de HC, NO_x y CO en los vehículos. Todos estos modelos fueron desarrollados por la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de América (USEPA).

El modelo IVE fue desarrollado por la Universidad de California en Riverside, el Colegio de Ingeniería del Centro para la Investigación Ambiental y Tecnología, el Centro Internacional de Investigación en Sistemas Sustentables y la empresa Investigación en sistemas globales sustentables, con fondos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.

El modelo IVE fue desarrollado para proveer a países en vías de desarrollo una herramienta de estimación rápida del inventario de emisiones de fuentes móviles.

IVE ha sido utilizado para generar inventarios de emisiones vehiculares en ciudades como Buenos Aires (Argentina), Shangai y Beijing (China), Bogotá (Colombia), Pune (India), Sao Paulo (Brasil), Lima (Perú), Santiago (Chile), Nairobi (Kenia), Almaty (Kazakhstan), Estambul (Turquía) y Los Ángeles (Estados Unidos).

4.6.3 Balance de materiales

Parte del principio de que el material que entra, debe ser igual al que se utiliza en el proceso, más el que se emite. El método de balance de materiales, es adecuado para estimar emisiones asociadas con la evaporación de solventes y emisiones de compuestos que contienen azufre.

4.6.4 Factores de emisión

Son relaciones entre la cantidad de contaminante emitido a la atmósfera y un dato de actividad. Los cuales incluyen: niveles de producción, consumo de materia prima, consumo de combustibles, población, kilómetros recorridos, etc. Los cuales se relacionan por medio de una ecuación.

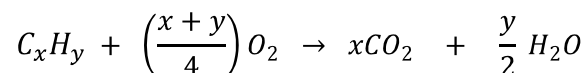
El método de cálculo que sirvió como base para estimar las emisiones de las fuentes fijas, móviles y de área del Cantón Latacunga, fue el de factores de emisión, ya que la estructura y funcionalidad del método está diseñada para las características que presenta el área de estudio. Siendo el primer estudio a este nivel que se realiza en el Cantón la información que resulte es bastante aceptable.

4.7 INVENTARIO DE EMISIONES

4.7.1 Emisión de las fuentes móviles

Las fuentes móviles es decir el tráfico vehicular representa el mayor porcentaje de emisiones al ambiente, debido principalmente a la utilización de combustibles fósiles.

Los combustibles fósiles, son una mezcla de diferentes hidrocarburos, y en el momento que se realiza la combustión los productos generados son dióxido de carbono (CO₂) y vapor de agua (H₂O).



Sin embargo, la combustión nunca es ideal (completa) debido a varios factores entre los cuales se destaca la falta de oxígeno para la reacción la variabilidad de la mezcla entre oxígeno/combustible, la baja temperatura cuando los motores inician su funcionamiento, los tiempos de residencia cortos de la mezcla en la cámara de combustión. Y los productos generados

son monóxido de carbono (CO) a mas de hidrocarburos sin oxidar o parcialmente oxidados.

Debido a las altas temperaturas en la cámara de combustión cuando el motor alcanza su estabilidad térmica, se produce la combinación de N_2 y O_2 formando los NO_x .

El azufre forma parte de las impurezas que contienen los combustibles fósiles. Su oxidación produce la formación y la emisión de Dióxido de Azufre SO_2 .

La emisión de partículas se produce principalmente por la combustión el desgaste de los neumáticos, recubrimiento de frenos, superficies de rodaduras.

“La gran mayoría de las partículas finas ($PM_{2.5}$) se producen debido a la combustión. Los vehículos a diesel producen de 10 – 100 veces más partículas de combustión que los vehículos a gasolina” (Jacobson, 2002).

En el inventario se estipulo la estimación de los siguientes contaminantes:

- Monóxido de Carbono (CO)
- Óxidos de Nitrógeno (NO_x)
- Dióxido de Azufre (SO_2)
- Material Particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$)

Para cuantificar los contaminantes se tomo en cuenta la siguiente característica:

- “Emisiones en Caliente: aquellas que provienen del tubo de escape de los vehículos, cuando los motores alcanzan estabilidad en su temperatura de funcionamiento; es decir, cuando la temperatura del agua de refrigeración es superior a $70^\circ C$ ” (Ntziachristos and Samaras, 2000).

Existen además las emisiones en frío y evaporativas, las primeras no son representativas para el inventario, mientras que las emisiones evaporativas su principal contaminante emitido son los COV, los cuales no constan en los gases considerados en este estudio.

4.7.1.1 Emisiones en Caliente

Las emisiones anuales para los siguientes contaminantes: CO, NO_x, PM₁₀ y PM_{2,5} se calculan con la siguiente ecuación.

$$E_r^{i \text{ caliente}} = (Nveh_r * Drec_r * FE_r^i) / 1000000$$

Donde:

Los parámetros:

r = Categoría del vehículo según año y modelo

i : Contaminante (CO, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5})

El término:

$$E_r^{i \text{ caliente}} = \text{Emisión en caliente del contaminante } i \text{ producido por los vehículos } r \left(\frac{t}{a} \right)$$

Datos:

$Nveh_r$ = número de vehículos de la categoría r según año modelo

$Drec_r$ = Distancia media anual recorrida por los vehículos tipo r $\left(\frac{km}{año} \right)$

FE_r^i

= Factor de emisión del contaminante i , para el vehículo de categoría r $\left(\frac{g}{km} \right)$

4.7.1.1.1 Composición del Parque Automotor

En la ciudad de Latacunga el parque automotor se ha ido incrementando con un total de 30189 vehículos matriculados en el 2010 (Ver anexo 3), de los cuales se pudo clasificar en las siguientes categorías:

- Automóvil: Vehículo destinado al transporte de personas, con capacidad hasta de 6 asientos, incluido el conductor; de los cuales se deriva los taxis que son de uso público
- Bus: Vehículo pesado, de 6 llantas, con carrocería metálica o de madera, y con capacidad superior a 30 asientos.
- Colectivo: Vehículo semipesado, de carrocería metálica o de madera, con 4 o 6 llantas y una capacidad de hasta 30 asientos.
- Jeep: Vehículo liviano de carrocería con diseño especial y capacidad de hasta 12 asientos; incluye (vitara, trooper; etc.)
- Furgoneta: Vehículo liviano, con carrocería completamente cerrada de mayor amplitud que el automóvil, con 3 o 4 filas de asientos y capacidad de hasta 16 asientos; destinado al transporte de pasajeros.
- Motocicleta: Vehículo de 2 ruedas y capacidad de hasta 2 asientos.
- Camioneta: Vehículo automóvil de 4 llantas, con capacidad de carga de hasta 3 toneladas.
- Camión: Vehículo pesado de 6 o más llantas, y capacidad de 3 y más toneladas
- Tanquero: Vehículo, acondicionado con un tanque para transporte de carga líquida; incluye repartidor de leche.
- Volquetero: Vehículo pesado de 6 llantas o más, con cajón, y elevador automático que le permite descargar rápidamente su contenido y capacidad superior a 3 toneladas.

- Tráiler: Vehículo de transporte pesado, de gran tonelaje y dotado de una plataforma.

En las siguientes tablas se encuentra la clasificación de las categorías mencionadas, por año y por tipo de combustible utilizado

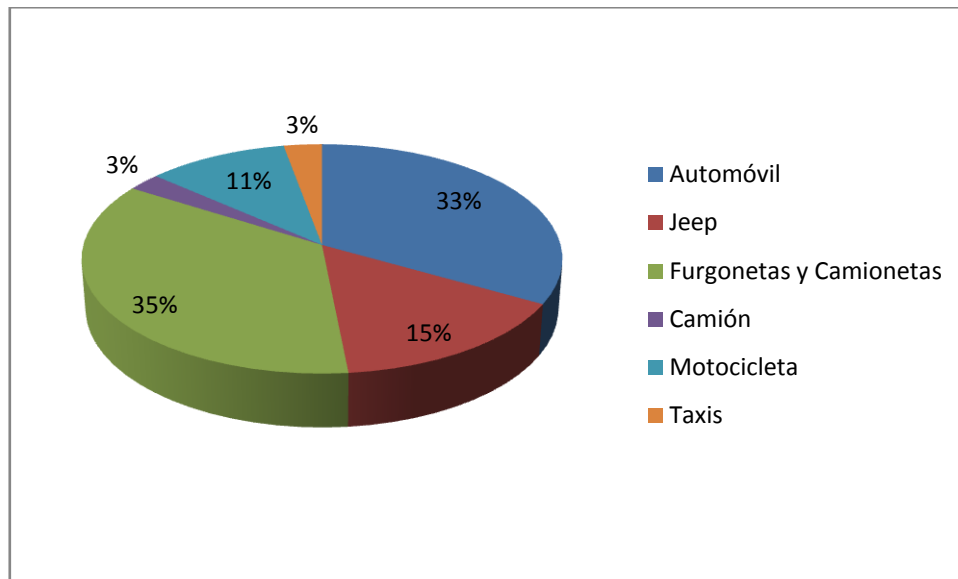
**Tabla N° 7 Conformación del parque automotor del catón Latacunga;
vehículos a gasolina**

Año Modelo	Automóvil	Jeep	Furgonetas Camionetas	Camión	Motocicleta	Taxis	Total
99 Anteriores	3187	1231	4758	266	141	277	9583
2000	25	27	32	1	4	2	88
2001	241	198	257	20	14	21	731
2002	420	248	418	42	40	37	1170
2003	403	155	378	35	53	35	1025
2004	414	151	360	28	129	36	1082
2005	643	203	450	35	181	56	1513
2006	689	236	485	38	349	60	1799
2007	665	315	515	45	436	58	1976
2008	546	286	515	43	683	48	2073
2009	885	577	655	68	650	77	2834
2010	301	236	177	13	25	26	751
Total	8420	3863	9001	635	2706	732	25357
Porcentaje	33.21	15.23	35.50	2.50	10.67	2.89	100

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Agencia Nacional de Transito – INEC

Gráfico N° 9 Conformación del parque automotor



Elaborado por: Romero A., Vaca P.
Fuente: Agencia Nacional de Transito – INEC

Se registraron un total de 25357 vehículos que utilizan gasolina (súper-extra) de los cuales el 33% son automóviles, 35% corresponde a furgonetas y camionetas, 15% a jeeps, 10% a motocicletas, 3% a camiones y 3% de taxis

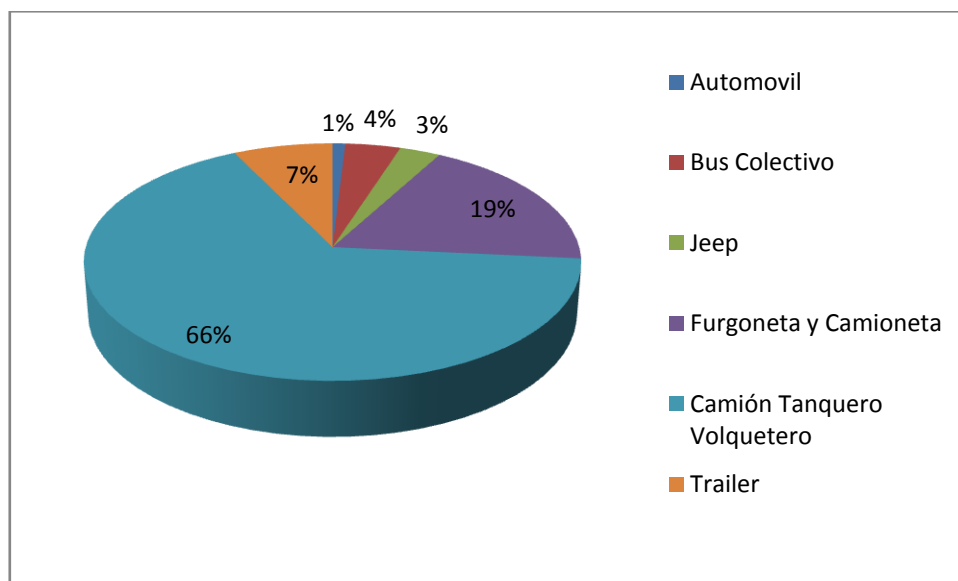
Tabla N° 8 Conformación del parque automotor del cantón Latacunga: vehículos a diesel

Año Modelo	Automóvil	Bus Colectivo	Jeep	Furgoneta Camioneta	Camión Tanquero Volquetero	Tráiler	Total
99 Anteriores	17	64	46	455	1387	174	2144
2000	0	0	1	3	6	3	13
2001	1	14	7	26	97	7	152
2002	2	16	9	43	205	17	293
2003	2	9	6	41	163	9	230
2004	2	16	6	39	129	6	197

Año Modelo	Automóvil	Bus Colectivo	Jeep	Furgoneta Camioneta	Camión Tanquero Volquetero	Tráiler	Total
2005	3	27	8	47	166	13	264
2006	4	12	9	49	179	13	265
2007	4	6	12	51	215	15	303
2008	3	5	11	51	211	27	307
2009	5	23	22	71	376	48	544
2010	2	4	9	19	65	21	119
Total	45	196	145	895	3198	353	4832
Porcentaje	0.94	4.06	3.00	18.53	66.20	7.30	100

Elaborado por: Romero A., Vaca P.
Fuente: Agencia Nacional de Transito – INEC

Gráfico N° 10 Conformación del parque automotor



Elaborado por: Romero A., Vaca P.
Fuente: Agencia Nacional de Transito – INEC

Los vehículos matriculados en el año 2010 que utilizan como combustible diesel se registró un total de 4832 unidades las cuales se distribuyen de la siguiente manera el 66% representa a camiones, 19% a furgonetas y camionetas, 7% a tráiler, 4% a buses, y solo el 1% a automóviles.

El total del parque automotor identificado asciende a 30189 vehículos de los cuales el 84 % corresponde a vehículos a gasolina y el 16 % a los vehículos a diesel.

4.7.1.1.2 Distancia Recorrida por Vehículos

En el cantón Latacunga el tráfico vehicula es un problema que ha venido en aumento conforme se incrementa el número de automotores, cabe mencionar que el cantón cuenta con su terminal terrestre y servicios de transporte terrestre, a cargo de cooperativas de transporte pesado, de pasajeros interprovincial, cantonal, parroquial, urbano, taxis, etc.

Las principales vías de comunicación son:

- La carretera panamericana es el eje de comunicación. Esta vía une Lasso, Latacunga y Salcedo.

-

El dato provincial indica la presencia de infraestructura vial, que totaliza 208.51 kilómetros distribuidos en estatal, cantonales y provincial. Tomando como referencia la venta de combustible de las 23 estaciones de servicio del cantón Latacunga (tabla N°10) se establece el recorrido promedio anual por tipo de vehículo conforme a los recorrido promedio proporcionado por la agencia nacional de transito.

**Tabla N° 9 Venta de combustibles en las estaciones de servicio del
cantón Latacunga 2010**

N°	Cliente	Comercializadora	GALONES / AÑO		
			Extra	Super	Diesel
1	Albán/ Estación de Servicio	Petróleos y Servicios P y S CA	272000	87000	1306000
2	Avelino/Estación de Servicio	Petróleos y Servicios P y S CA	131000	36500	374500
3	Bellavista/Estación de Servicio	Petroleas y Servicios P y S CA	399980	25000	222000
4	Cotopaxi/Estación de Servicio	EP Petroecuador	458000	165000	359000
5	El Fogón/Estación de Servicio	Petróleos y Servicios P y S CA	976960	133000	181000
6	El progreso/Estación de Servicio	EP Petroecuador	576000	151000	604000
7	El Terminal/Estación de Servicio	Masgas S.A.	1467000	190000	1363000
8	El Triangulo/Estación de Servicio	Lutexa Ind.Comerc. CIA. LDTA	376000	67000	188000
9	Fénix Gasstation/Estación de Servicio	Petróleos y Servicios P y S CA	275000	33000	913000
10	La Mama Negra/Estación de Servicio	Petróleos y Servicios P y S CA	681960	75000	346000
11	Lasso/Estación de Servicio	Petróleos y Servicios P y S CA	341000	73000	1332000
12	Latacunga/Estación de Servicio	Petróleos y Servicios P y S CA	181000	36000	464000
13	Parada Full/Estación de Servicio	Lutexa Ind.Comerc. CIA. LDTA	131000	28000	279000
14	Parada Full/Estación de Servicio	Masgas S.A.	169000	48000	350000
15	Romerillos Gasolinera	EP Petroecuador	499000	216000	683000
16	Sagrada Corazón de Jesús/E. S.	Petroworld S.A.	207500	4500	106000
17	Silva/Estación de Servicio	Petroleas y Servicios P y S CA	545000	112000	741000
18	Sindicato de Choferes Cotopaxi/E.S.	Petroleas y Servicios P y S CA	601000	72000	915000
19	Sultana del Cotopaxi/E. S.	Masgas S.A.	1141000	89000	843000
20	Tocaza/Estación de	EP Petroecuador	173000		93000

N°	Cliente	Comercializadora	GALONES / AÑO		
			Extra	Super	Diesel
	Servicio				
21	Virgen de las Mercedes/E.S.	Petroleos y Servicios P y S CA	1053000	87000	952000
22	Virgen del Quinche/E.S.	Masgas S.A.	395000		331000
23	Vista hermosa/ Estación de Servicio	Petroleos y Servicios P y S CA	77500	17500	143000
Total			11127900	1745500	13088500

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: PETROECUADOR-ARCH

Tabla N° 10 Recorrido medio anual por tipo de vehículo a gasolina (km/año)

Año Modelo	Automóvil	Jeep	Camioneta Furgoneta	Camión	Motocicleta	Taxis
99 Anteriores	12000	14000	12000	10000	10000	45000
2000	12000	14000	12000	10000	10000	45000
2001	12000	14000	12000	10000	10000	45000
2002	12000	14000	12000	10000	10000	45000
2003	12000	14000	12000	10000	10000	45000
2004	12000	14000	12000	10000	12000	45000
2005	12000	14000	14000	10000	12000	45000
2006	12000	14000	14000	10000	14000	45000
2007	12000	14000	14000	10000	14000	45000
2008	14000	15000	15000	10000	16000	45000
2009	14000	15000	15000	10000	16000	45000
2010	14000	15000	15000	10000	16000	45000

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Agencia Nacional de Transito – INEC

**Tabla Nº 11 Recorrido medio anual por tipo de vehículo a diesel
(km/año)**

Año Modelo	Automóvil	Bus	Jeep	Furgoneta Camioneta	Camión Tanquero Volquetero	Tráiler
99 Anteriores	12000	65000	14000	15000	60000	60000
2000	12000	65000	14000	15000	60000	60000
2001	12000	65000	14000	15000	60000	60000
2002	12000	65000	14000	15000	60000	60000
2003	12000	65000	14000	15000	60000	60000
2004	12000	65000	14000	15000	60000	60000
2005	12000	65000	14000	15000	60000	60000
2006	12000	65000	14000	15000	60000	60000
2007	12000	65000	14000	15000	60000	60000
2008	14000	65000	15000	18000	60000	60000
2009	14000	65000	15000	18000	60000	60000
2010	14000	65000	15000	18000	60000	60000

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Agencia Nacional de Transito – INEC

4.7.1.1.3 Factores de Emisión

Por la falta de información propia del sitio, los factores²¹ del Inventario de México 2004, se convierten en un potencial marco de referencia para Latacunga. La Zona Metropolitana de México se encuentra a 2240 msnm promedio, mientras que Latacunga se encuentra a 2680 msnm promedio.

La selección se basa considerando los criterios de equivalencia con el parque vehicular de México utilizados en el inventario de emisiones de Quito con año base 2003, la primera actualización del inventario de emisiones de

²¹ Estos factores de emisión se establecieron en base a información del Instituto Mexicano de Petróleo, de la aplicación de los modelos MOBILE5-México y MOBILE6-México; y el manual de referencia para los inventarios de gases de efecto invernadero del *Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC)*.

Quito año base 2005 y el inventario de emisiones de Cuenca año base 2007, por lo que las categorías se equiparan así:

Tabla N° 12 Equivalencia de categorías entre el parque automotor del Cantón Latacunga y el parque automotor del inventario de emisiones de México 2004

Combustible	Categoría Cantón Latacunga	Categoría México 2004
Gasolina	Automóvil	AP, autos particulares
	Camionetas Furgonetas	Pick, camionetas
	Jeeps	V≤3, vehículos con peso menor a 3 t
	Camión	TRA/AUT/V>3m, vehículos de transporte o carga con peso mayor a 3 t
	Motocicleta	MC, motocicletas
	Taxis	TAX, Taxis
Diesel	Automóvil	AP, autos particulares
	Jeeps	MIC/PIC<3, microbuses y camionetas con peso menor a 3 t
	Camionetas Furgonetas	MIC/PIC<3, microbuses y camionetas con peso menor a 3 t
	Bus, Colectivo	TRA/AUT/V>3m, vehículos de transporte o carga con peso mayor a 3 t
	Tanquero Volquetero Tráiler	TRA/AUT/V>3m, vehículos de transporte o carga con peso mayor a 3 t

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Inventario de emisiones atmosféricas de la ciudad de México 2004

En las siguientes tablas se muestra los factores de emisión empleados en el cálculo de emisión de cada contaminante: NOx, CO, PM 10 y PM 2.5

Tabla N° 13 Factores de emisión del NOx (g/ km), vehículos a gasolina

Año Modelo	Automóvil	Jeep	Furgoneta Camioneta	Camión	Motoci cleta	Taxis
99 Anteriores	2.40	5.75	3.37	2.46	0.33	1.48
2000	0.62	3.03	1.56	2.41	0.33	1.36
2001	0.56	2.86	1.47	2.35	0.33	1.24
2002	0.50	2.69	1.38	1.93	0.33	1.11
2003	0.46	2.61	1.34	1.86	0.33	1.02
2004	0.44	2.56	1.31	1.80	0.32	0.97
2005	0.44	2.56	1.31	1.80	0.32	0.97
2006	0.44	2.56	1.31	1.80	0.32	0.97
2007	0.44	2.56	1.31	1.80	0.32	0.97
2008	0.44	2.56	1.31	1.80	0.32	0.97
2009	0.44	2.56	1.31	1.80	0.32	0.97
2010	0.44	2.56	1.31	1.80	0.32	0.97

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Inventario de emisiones atmosféricas de la ciudad de México 2004

Tabla N° 14 Factores de emisión del NOx (g/ km), vehículos a diesel

Año Modelo	Automóvil	Bus	Jeep	Furgoneta Camioneta	Camión Tanquero volquetero	Tráiler
99 Anteriores	0.78	12.24	1.20	1.20	12.24	12.24
2000	0.75	12.24	1.18	1.18	12.24	12.24
2001	0.73	6.88	0.85	0.85	6.88	6.88
2002	0.70	5.67	0.82	0.82	5.67	5.67

Año Modelo	Automóvil	Bus	Jeep	Furgoneta Camioneta	Camión Tanquero volquetero	Tráiler
2003	0.66	5.67	0.78	0.78	5.67	5.67
2004	0.63	5.66	0.74	0.74	5.66	5.66
2005	0.63	5.66	0.74	0.74	5.66	5.66
2006	0.63	5.66	0.74	0.74	5.66	5.66
2007	0.63	5.66	0.74	0.74	5.66	5.66
2008	0.63	5.66	0.74	0.74	5.66	5.66
2009	0.63	5.66	0.74	0.74	5.66	5.66
2010	0.63	5.66	0.74	0.74	5.66	5.66

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Inventario de emisiones atmosféricas de la ciudad de México 2004

Tabla N° 15 Factores de emisión de CO (g / km) vehículos a gasolina

Año Modelo	Automóvil	Jeep	Camioneta Furgoneta	Camión	Motocicleta	Taxis
99 Anteriores	23.70	80.90	11.70	58.76	30.79	15.20
2000	2.92	45.17	11.01	57.35	30.11	13.86
2001	2.65	41.44	10.10	34.75	29.36	12.57
2002	2.29	36.07	8.79	33.40	25.55	10.88
2003	1.79	28.77	7.01	32.18	27.68	8.50
2004	1.41	23.53	5.74	30.18	26.75	6.71
2005	1.41	23.53	5.74	30.87	26.75	6.71
2006	1.41	23.53	5.74	30.87	26.75	6.71
2007	1.41	23.53	5.74	30.87	26.75	6.71
2008	1.41	23.53	5.74	30.87	26.75	6.71
2009	1.41	23.53	5.74	30.87	26.75	6.71
2010	1.41	23.53	5.74	30.87	26.75	6.71

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Inventario de emisiones atmosféricas de la ciudad de México 2004

Tabla N° 16 Factores de emisión de CO (g / km) vehículos a diesel

Año Modelo	Automóvil	Bus	Jeep	Furgoneta Camioneta	Camión Tanquero Volquetero	Tráiler
99 Anteriores	1.20	15.49	2.15	2.15	15.49	15.49
2000	1.16	15.40	2.12	2.12	15.40	15.40
2001	1.12	14.26	2.08	2.08	14.26	14.26
2002	1.07	13.98	2.03	2.03	13.98	13.98
2003	1.02	13.86	1.98	1.98	13.86	13.86
2004	0.97	13.75	1.92	1.92	13.75	13.75
2005	0.97	13.75	1.92	1.92	13.75	13.75
2006	0.97	13.75	1.92	1.92	13.75	13.75
2007	0.97	13.75	1.92	1.92	13.75	13.75
2008	0.97	13.75	1.92	1.92	13.75	13.75
2009	0.97	13.75	1.92	1.92	13.75	13.75
2010	0.97	13.75	1.92	1.92	13.75	13.75

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Inventario de emisiones atmosféricas de la ciudad de México 2004

Tabla N° 17 Factores de emisión de PM₁₀ (g/ km), vehículos a gasolina

Año Modelo	Automóvil	Jeep	Camioneta Furgoneta	Camión	Motoci cleta	Taxis
99 Anteriores	0.019	0.020	0.020	0.084	0.024	0.019
2000	0.019	0.020	0.020	0.084	0.024	0.019
2001	0.019	0.020	0.020	0.084	0.024	0.019
2002	0.019	0.020	0.020	0.084	0.024	0.019
2003	0.019	0.020	0.020	0.084	0.024	0.019
2004	0.019	0.020	0.020	0.084	0.024	0.019
2005	0.019	0.020	0.020	0.084	0.024	0.019
2006	0.019	0.020	0.020	0.084	0.024	0.019
2007	0.019	0.020	0.020	0.084	0.024	0.019
2008	0.019	0.020	0.020	0.084	0.024	0.019
2009	0.019	0.020	0.020	0.084	0.024	0.019
2010	0.019	0.020	0.020	0.084	0.024	0.019

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Inventario de emisiones atmosféricas de la ciudad de México 2004

Tabla N° 18 Factores de emisión de PM₁₀ (g/ km), vehículos a diesel

Año Modelo	Automóvil	Bus	Jeep	Furgoneta Camioneta	Camión Tanquero volquetero	Tráiler
99 Anteriores	0.213	0.480	0.136	0.099	0.480	0.480
2000	0.213	0.480	0.136	0.099	0.480	0.480
2001	0.213	0.480	0.136	0.099	0.480	0.480
2002	0.213	0.480	0.136	0.099	0.480	0.480
2003	0.213	0.480	0.136	0.099	0.480	0.480
2004	0.213	0.480	0.136	0.099	0.480	0.480
2005	0.213	0.480	0.136	0.099	0.480	0.480
2006	0.213	0.480	0.136	0.099	0.480	0.480
2007	0.213	0.480	0.136	0.099	0.480	0.480
2008	0.213	0.480	0.136	0.099	0.480	0.480
2009	0.213	0.480	0.136	0.099	0.480	0.480
2010	0.213	0.480	0.136	0.099	0.480	0.480

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Inventario de emisiones atmosféricas de la ciudad de México 2004

Tabla N° 19 Factores de emisión de PM_{2.5} (g/km) vehículos a gasolina

Año Modelo	Automóvil	Jeep	Camioneta Furgoneta	Camión	Motocicleta	Taxis
99 Anteriores	0.011	0.012	0.011	0.061	0.014	0.011
2000	0.011	0.012	0.011	0.061	0.014	0.011
2001	0.011	0.012	0.011	0.061	0.014	0.011
2002	0.011	0.012	0.011	0.061	0.014	0.011
2003	0.011	0.012	0.011	0.061	0.014	0.011
2004	0.011	0.012	0.011	0.061	0.014	0.011
2005	0.011	0.012	0.011	0.061	0.014	0.011
2006	0.011	0.012	0.011	0.061	0.014	0.011
2007	0.011	0.012	0.011	0.061	0.014	0.011
2008	0.011	0.012	0.011	0.061	0.014	0.011
2009	0.011	0.012	0.011	0.061	0.014	0.011
2010	0.011	0.012	0.011	0.061	0.014	0.011

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Inventario de emisiones atmosféricas de la ciudad de México 2004

Tabla N° 20 Factores de emisión de PM_{2.5} (g/km) vehículos a diesel

Año Modelo	Automóvil	Bus	Jeep	Furgoneta Camioneta	Camión Tanquero volquetero	Tráiler
99 Anteriores	0,190	0,418	0,118	0,086	0,418	0,418
2000	0.190	0.418	0.118	0.086	0.418	0.418
2001	0.190	0.418	0.118	0.086	0.418	0.418
2002	0.190	0.418	0.118	0.086	0.418	0.418
2003	0.190	0.418	0.118	0.086	0.418	0.418
2004	0.190	0.418	0.118	0.086	0.418	0.418
2005	0.190	0.418	0.118	0.086	0.418	0.418
2006	0.190	0.418	0.118	0.086	0.418	0.418
2007	0.190	0.418	0.118	0.086	0.418	0.418
2008	0.190	0.418	0.118	0.086	0.418	0.418
2009	0.190	0.418	0.118	0.086	0.418	0.418
2010	0.190	0.418	0.118	0.086	0.418	0.418

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Inventario de emisiones atmosféricas de la ciudad de México 2004

4.7.1.2 Emisiones de NO_x

A través de la ecuación de emisiones en caliente se obtiene el total de emisiones de NO_x en toneladas por año:

$$E_r^{i \text{ caliente}} = (Nveh_r * Drec_r * FE_r^i) / 1000000$$

Donde:

Los parámetros:

r = Categoría del vehículo según año y modelo

i: Contaminante (CO, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5})

El término:

$$E_r^{i \text{ caliente}} = \text{Emisión en caliente del contaminante } i \text{ producido por los vehículos } r \left(\frac{t}{a} \right)$$

Datos:

N_{veh_r} = número de vehículos de la categoría r según año modelo

$Drec_r$ = Distancia media anual recorrida por los vehículos tipo r $\left(\frac{km}{año} \right)$

FE_r^i

= Factor de emisión del contaminante i , para el vehículo de categoría r $\left(\frac{g}{km} \right)$

Para el caso particular de los automóviles del año 1999 tenemos:

$$E_{Auto\ 99}^{NO_x} = (N_{veh_{Auto\ 99}} * Drec_{Auto\ 99} * FE_{Auto\ 99}^{NO_x}) / 1000000$$

$$E_{Automovil\ 99}^{NO_x \text{ caliente}} = \frac{3464 * 5000 \frac{km}{año} * 2.40 \frac{g}{km}}{1000000} = 41,57 \frac{Ton}{año} \text{ de } NO_x$$

Para cuantificar el total de emisiones se requiere de la sumatoria total por tipo de vehículo año y combustible utilizado:

Tabla N° 21 Emisiones de NO_x (Ton / año) vehículos a gasolina

Año Modelo	Automóvil	Jeep	Camioneta	Camión	Motocicleta	Taxis	Total
99 Anteriores	91.79	99.06	192.42	6.54	0.47	18.46	408.74
2000	0.18	1.14	0.59	0.03	0.01	0.13	2.09

Año Modelo	Automóvil	Jeep	Camioneta	Camión	Motocicleta	Taxis	Total
2001	1.62	7.94	4.54	0.48	0.04	1.17	15.80
2002	2.52	9.35	6.93	0.82	0.13	1.83	21.58
2003	2.22	5.66	6.08	0.65	0.18	1.61	16.41
2004	2.19	5.40	5.66	0.50	0.50	1.57	15.82
2005	3.40	7.28	8.26	0.64	0.69	2.44	22.71
2006	3.64	8.47	8.90	0.69	1.56	2.62	25.88
2007	3.51	11.29	9.45	0.81	1.95	2.52	29.54
2008	3.37	10.99	10.13	0.77	3.50	2.07	30.82
2009	5.45	22.14	12.86	1.23	3.33	3.36	48.37
2010	1.85	9.05	3.47	0.23	0.13	1.14	15.88
Total	121.75	197.79	269.29	13.38	12.49	38.92	653.63

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

Tabla N° 22 Emisiones de NO_x (Ton / año) vehículos a diesel

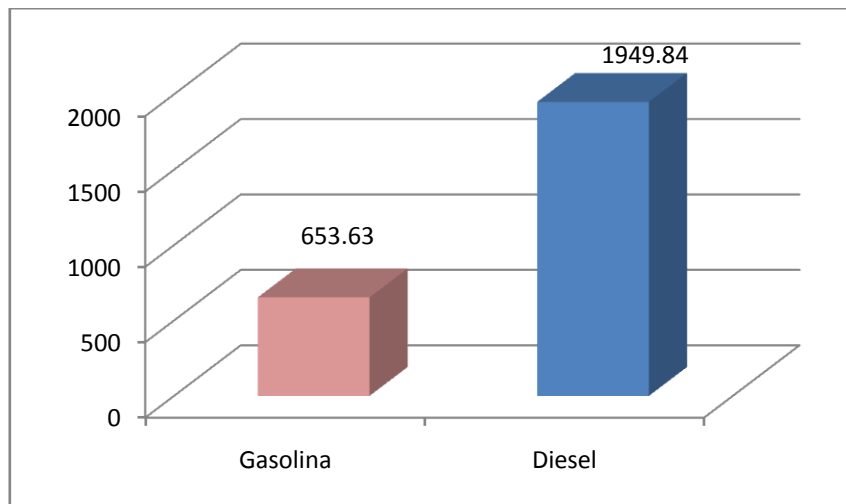
Año Modelo	Auto móvil	Bus	Jeep	Furgoneta Camioneta	Camión tanquero volquetero	Tráiler	Total
99 Anteriores	0.16	50.92	0.78	8.19	1018.54	128.00	1206.59
2000	0.00	0.00	0.02	0.05	4.12	2.49	6.68
2001	0.01	6.26	0.09	0.33	39.90	2.83	49.42
2002	0.02	5.90	0.11	0.53	69.82	5.82	82.19
2003	0.02	3.32	0.06	0.48	55.41	3.14	62.42
2004	0.02	5.89	0.06	0.43	43.75	1.95	52.09
2005	0.03	9.93	0.08	0.53	56.27	4.36	71.20
2006	0.03	4.41	0.09	0.54	60.67	4.52	70.27
2007	0.03	2.21	0.12	0.57	73.07	5.03	81.03
2008	0.03	1.84	0.12	0.68	71.65	9.02	83.33
2009	0.04	8.46	0.24	0.94	127.73	16.24	153.65
2010	0.01	1.47	0.10	0.25	22.15	6.98	30.97
Total	0.39	100.61	1.86	13.53	1643.07	190.38	1949.84

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

El total de emisiones de NO_x, asciende a 2603.46 toneladas en el año 2010 de los cuales el 75% corresponde a los vehículos a diesel, y el 25% a los vehículos a gasolina.

Grafico N° 11 Emisión anual del NO_x (Ton/año) por tipo de combustible



Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.1.3 Emisiones de CO

La emisión de CO se calcula mediante la ecuación

$$E_r^{i \text{ caliente}} = (Nveh_r * Drec_r * FE_r^i) / 1000000$$

Donde:

Los parámetros:

r = Categoría del vehículo según año y modelo

i: Contaminante (CO, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5})

El término:

$$E_r^{i \text{ caliente}} = \text{Emisión en caliente del contaminante } i \text{ producido por los vehículos } r \left(\frac{t}{a} \right)$$

Datos:

$Nveh_r$ = número de vehículos de la categoría r según año modelo

$Drec_r$ = Distancia media anual recorrida por los vehículos tipo r $\left(\frac{km}{año} \right)$

FE_r^i

= Factor de emisión del contaminante i , para el vehículo de categoría r $\left(\frac{g}{km} \right)$

Para las emisiones de CO de camiones del año 1999 y anteriores que utilizan diesel es el siguiente:

$$E_{Camión\ 99}^{CO} = (Nveh_{Camión\ 99} * Drec_{Camión\ 99} * FE_{Camión\ 99}^{CO}) / 1000000$$

$$E_{Camión\ 99}^{CO \text{ caliente}} = \frac{1173 * 30000 \frac{km}{año} * 15,49 \frac{g}{km}}{1000000} = 545.22 \frac{Ton}{año} \text{ de CO}$$

El total de emisión de CO se presenta en las siguientes tablas:

Tabla N° 23 Emisión de CO (ton / año) vehículos a gasolina

Año Modelo	Automóvil	Jeep	Camioneta Furgoneta	Camión	Motocicleta	Taxis	Total
99 Anteriores	906.47	1393.67	668.06	156.28	43.52	189.57	3357.57
2000	0.86	17.01	4.19	0.60	1.17	1.34	25.17
2001	7.68	115.11	31.16	7.10	3.98	11.87	176.90

Año Modelo	Automóvil	Jeep	Camioneta Furgoneta	Camión	Motocicleta	Taxis	Total
2002	11.55	125.38	44.12	14.19	10.26	17.90	223.40
2003	8.66	62.42	31.81	11.27	14.81	13.41	142.37
2004	7.01	49.68	24.79	8.34	41.49	10.88	142.19
2005	10.88	66.93	36.18	10.94	58.03	16.89	199.85
2006	11.67	77.85	39.00	11.85	130.80	18.10	289.27
2007	11.25	103.80	41.42	13.92	163.32	17.45	351.15
2008	10.78	101.04	44.37	13.18	292.16	14.34	475.89
2009	17.46	203.51	56.35	21.05	278.20	23.23	599.81
2010	5.94	83.19	15.22	3.89	10.85	7.90	126.98
Total	1010.21	2399.59	1036.68	272.60	1048.59	342.89	6110.55

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

Tabla N° 24 Emisión de CO (Ton / año) vehículos a diesel

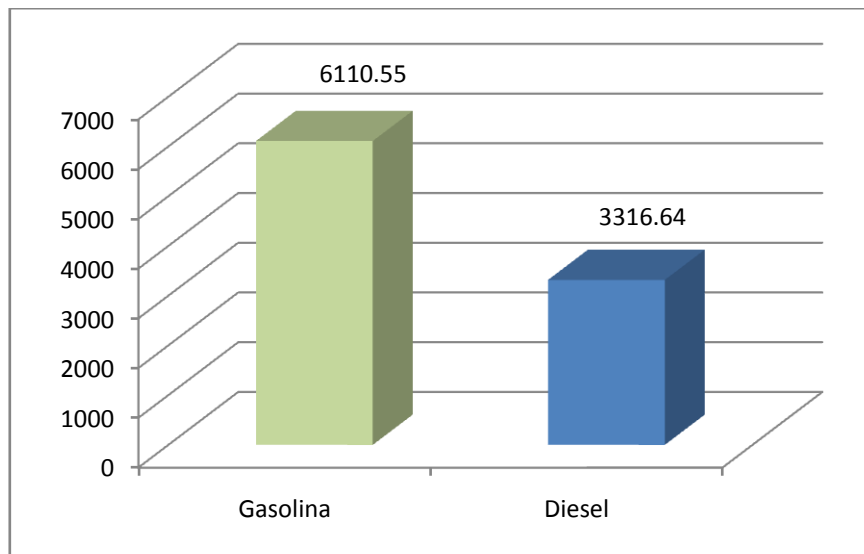
Año	Automóvil	Bus	Jeep	Furgoneta Camioneta	Camión tanquero volquetero	Tráiler	Total
99 Anteriores	0.25	64.44	1.39	14.68	1288.99	161.98	1531.73
2000	0.00	0.00	0.03	0.09	5.18	3.13	8.44
2001	0.02	12.98	0.22	0.81	82.70	5.87	102.58
2002	0.03	14.54	0.26	1.31	172.15	14.34	202.63
2003	0.03	8.11	0.16	1.22	135.44	7.67	152.62
2004	0.03	14.30	0.15	1.11	106.28	4.75	126.61
2005	0.04	24.13	0.20	1.36	136.70	10.60	173.04
2006	0.04	10.73	0.24	1.41	147.39	10.99	170.79
2007	0.04	5.36	0.32	1.48	177.52	12.22	196.94
2008	0.04	4.47	0.31	1.77	174.06	21.91	202.55
2009	0.06	20.56	0.62	2.45	310.29	39.46	373.43
2010	0.02	3.58	0.25	0.65	53.81	16.97	75.28
Total	0.60	183.18	4.16	28.34	2790.49	309.86	3316.64

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

La emisión total del monóxido de carbono asciende a 9427.19 toneladas al año, de las cuales el 65% corresponden a los vehículos a gasolina y el restante 35% a los vehículos a diesel.

Grafico N° 12 Emisión anual del CO (Ton/año) por tipo de combustible



Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.1.4 Emisiones de material particulado

4.7.1.4.1 Emisiones de PM₁₀

Para el cálculo de emisiones de PM₁₀, se utiliza la ecuación de emisiones en caliente:

$$E_r^{i \text{ caliente}} = (Nveh_r * Drec_r * FE_r^i) / 1000000$$

Donde:

Los parámetros:

$r =$ Categoría del vehículo según año y modelo

$i:$ Contaminante ($CO, NO_x, PM_{10}, PM_{2.5}$)

El término:

$$E_r^{i \text{ caliente}} = \text{Emisión en caliente del contaminante } i \text{ producido por los vehículos } r \left(\frac{t}{a} \right)$$

Datos:

$N_{veh_r} =$ número de vehículos de la categoría r según año modelo

$Drec_r =$ Distancia media anual recorrida por los vehículos tipo r $\left(\frac{km}{año} \right)$

FE_r^i

$=$ Factor de emisión del contaminante i , para el vehículo de categoría r $\left(\frac{g}{km} \right)$

Los camiones del año 2009 que utilizan diesel generaron una importante cantidad material particulado el cálculo modelo es:

$$E_{Camión 2009}^{PM_{10}} = (N_{veh_{Camión 2009}} * Drec_{Camión 2009} * FE_{Camión 2009}^{CO}) / 1000000$$

$$E_{Camión 2009}^{PM_{10} \text{ caliente}} = \frac{301 * 50000 \frac{km}{año} * 0.480 \frac{g}{km}}{1000000} = 7.22 \frac{Ton}{año} \text{ de } PM_{10}$$

El total de emisiones de PM_{10} , se contabiliza en la siguiente tabla

Tabla N° 25 Emisiones de PM_{10} (Ton/año) vehículos a gasolina

Año Modelo	Automóvil	Jeep	Camioneta Furgoneta	Camión	Motocicleta	Taxis	Total
99 Anteriores	0.73	0.34	1.14	0.22	0.03	0.24	2.71
2000	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02

Año Modelo	Automóvil	Jeep	Camioneta Furgoneta	Camión	Motocicleta	Taxis	Total
2001	0.06	0.06	0.06	0.02	0.00	0.02	0.21
2002	0.10	0.07	0.10	0.04	0.01	0.03	0.34
2003	0.09	0.04	0.09	0.03	0.01	0.03	0.30
2004	0.09	0.04	0.09	0.02	0.04	0.03	0.31
2005	0.15	0.06	0.13	0.03	0.05	0.05	0.46
2006	0.16	0.07	0.14	0.03	0.12	0.05	0.56
2007	0.15	0.09	0.14	0.04	0.15	0.05	0.62
2008	0.15	0.09	0.15	0.04	0.26	0.04	0.72
2009	0.24	0.17	0.20	0.06	0.25	0.07	0.98
2010	0.08	0.07	0.05	0.01	0.01	0.02	0.25
Total	1.99	1.10	2.30	0.53	0.94	0.63	7.48

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

Tabla N° 26 Emisiones de PM₁₀ (Ton/año) vehículos a diesel

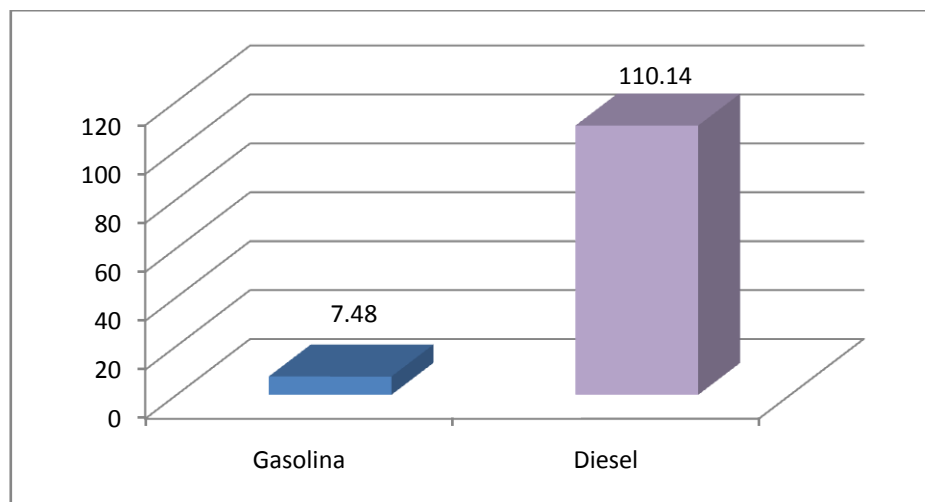
Año Modelo	Automóvil	Bus	Jeep	Furgoneta Camioneta	Camión tanquero volquetero	Tráiler	Total
99 Anteriores	0.044	2.00	0.09	0.68	39.94	5.02	47.77
2000	0.000	0.00	0.002	0,004	0.16	0.10	0.27
2001	0.003	0.44	0.01	0.04	2.78	0.20	3.47
2002	0.006	0.50	0.02	0.06	5.91	0.49	6.99
2003	0.006	0.28	0.01	0.06	4.69	0.27	5.31
2004	0.006	0.50	0.01	0.06	3.71	0.17	4.45
2005	0.009	0.84	0.01	0.07	4.77	0.37	6.08
2006	0.010	0.37	0.02	0.07	5.15	0.38	6.00
2007	0.009	0.19	0.02	0.08	6.20	0.43	6.92
2008	0.009	0.16	0.02	0.09	6.08	0.76	7.12
2009	0.014	0.72	0.04	0.13	10.83	1.38	13.11
2010	0.005	0.12	0.02	0.03	1.88	0.59	2.65
Total	0.120	6.12	0.28	1.37	92.10	10.15	110.14

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

Las emisiones de material particulado PM₁₀, de las emisiones en caliente suman en total 117.62 Toneladas al año de las cuales el 94% representan los vehículos a diesel, y tan solo el 6 % los vehículos a gasolina

Grafico N° 13 Emisión anual del PM₁₀ (Ton/Año) por tipo de combustible



Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.1.4.2 Emisiones de PM_{2.5}

Para el cálculo de emisiones de PM_{2.5} se utiliza la siguiente ecuación:

$$E_r^{i \text{ caliente}} = (Nveh_r * Drec_r * FE_r^i) / 1000000$$

Donde:

Los parámetros:

r = Categoría del vehículo según año y modelo

i: Contaminante (CO, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5})

El término:

$$E_r^{i \text{ caliente}} = \text{Emisión en caliente del contaminante } i \text{ producido por los vehículos } r \left(\frac{t}{a} \right)$$

Datos:

$Nveh_r$ = número de vehículos de la categoría r según año modelo

$Drec_r$ = Distancia media anual recorrida por los vehículos tipo r $\left(\frac{km}{año} \right)$

FE_r^i

= Factor de emisión del contaminante i , para el vehículo de categoría r $\left(\frac{g}{km} \right)$

El cálculo modelo para el cuantificar las emisiones de material particulado 2.5 se presenta a continuación.

$$E_{Auto\ 99}^{PM_{2.5}} = (Nveh_{Auto\ 99} * Drec_{Auto\ 99} * FE_{Auto\ 99}^{CO}) / 1000000$$

$$E_{Automovil\ 99}^{PM_{2.5 \text{ caliente}}} = \frac{3464 * 5000 \frac{km}{año} * 0.011 \frac{g}{km}}{1000000} = 0.19 \frac{Ton}{año} \text{ de } PM_{2.5}$$

Las emisiones de cada vehículo de material particulado 2.5 se presenta en la siguiente tabla, y la sumatoria total de las emisiones.

Tabla N° 27 Emisiones de PM_{2.5} (Ton / año) vehículos a gasolina

Año Modelo	Automóvil	Jeep	Camioneta Furgoneta	Camión	Motocicleta	Taxis	Total
99 Anteriores	0.42	0.21	0.63	0.16	0.02	0.14	1.57
2000	0.003	0.005	0.004	0.001	0.001	0.001	0.01
2001	0.03	0.03	0.03	0.01	0.002	0.01	0.12

Año Modelo	Automóvil	Jeep	Camioneta Furgoneta	Camión	Motocicleta	Taxis	Total
2002	0.06	0.04	0.06	0.03	0.01	0.02	0.20
2003	0.05	0.03	0.05	0.02	0.01	0.02	0.18
2004	0.05	0.03	0.05	0.02	0.02	0.02	0.18
2005	0.08	0.03	0.07	0.02	0.03	0.03	0.27
2006	0.09	0.04	0.07	0.02	0.07	0.03	0.33
2007	0.09	0.05	0.08	0.03	0.09	0.03	0.36
2008	0.08	0.05	0.09	0.03	0.15	0.02	0.42
2009	0.14	0.10	0.11	0.04	0.15	0.04	0.57
2010	0.05	0.04	0.03	0.01	0.01	0.01	0.14
Total	1.15	0.66	1.26	0.39	0,55	0.36	4.37

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

Tabla N° 28 Emisiones de PM_{2.5} (Ton / año) vehículos a diesel

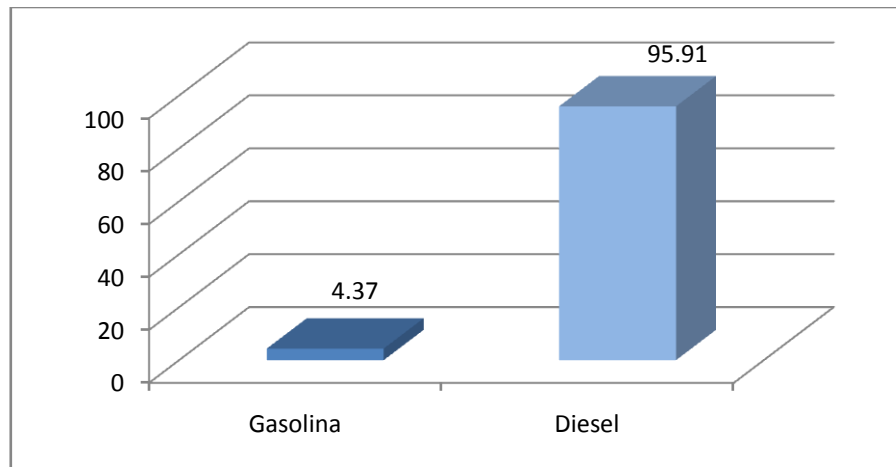
Año Modelo	Automóvil	Bus	Jeep	Furgoneta Camioneta	Camión tanquero volquetero	Tráiler	Total
99 Anteriores	0.04	1.74	0.08	0.59	34.78	4.37	41.60
2000	0.0003	0.000	0.002	0.004	0.14	0.08	0.23
2001	0.003	0.38	0.01	0.03	2.42	0.17	3.03
2002	0.01	0.43	0.02	0.06	5.15	0.43	6.09
2003	0.005	0.24	0.01	0.05	4.08	0.23	4.63
2004	0.01	0.43	0.01	0.05	3.23	0.14	3.87
2005	0.01	0.73	0.01	0.06	4.16	0.32	5.29
2006	0.01	0.33	0.01	0.06	4.48	0.33	5.23
2007	0.01	0.16	0.02	0.07	5.40	0.37	6.02
2008	0.01	0.14	0.02	0.08	5.29	0.67	6.20
2009	0.01	0.62	0.04	0.11	9.43	1.20	11.42
2010	0.004	0.11	0.02	0.03	1.64	0.52	2.31
Total	0.11	5.33	0.24	1.19	80.20	8.84	95.91

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

Se estimó un total de 100.28 Tonelada al año de material particulado $PM_{2.5}$, el 96% de estas emisiones corresponde a las generadas por los vehículos a diesel, y solo el 4% a los vehículos a gasolina.

Grafico N° 14 Emisión anual del $PM_{2.5}$ (Ton/Año) por tipo de combustible



Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Cálculo Factores de Emisión EPA

4.7.1.5 Emisiones de material particulado por desgaste

Existen otras emisiones de material particulado que se producen por el desgaste de neumáticos, de las superficies de rodadura y por el desgaste de los frenos.

Para calcular estas emisiones se utiliza la ecuación de las emisiones en caliente, con la diferencia que se debe dividir para 1000000000, debido a que los factores de emisión para el desgaste de neumáticos, rodadura y frenos se expresan en mg / km.

Tabla N° 29 Factores de emisión de partículas (mg/km) para vehículos a gasolina. Todos los modelos

Tipo de desgaste	Automóvil	Jeep	Camioneta Furgoneta	Camión	Motocicleta	Taxis
Desgaste de neumáticos, PM10	3.45	3.45	3.45	18.56	1.72	3.45
Desgaste de pavimento, PM10	7.25	7.25	7.25	26.90	3.65	7.25
Desgaste de Frenos PM 2,5	6.00	6.00	6.00	32.25	3.00	6.00

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

Tabla N° 30 Factores de emisión de partículas (mg/km) para vehículos a diesel. Todos los modelos

Tipo de desgaste	Automóvil	Bus	Jeep	Furgoneta Camioneta	Camión Tanquero volquetero	Tráiler
Desgaste de neumáticos, PM10	3.45	18.56	4.50	4.50	18.56	18.56
Desgaste de pavimento, PM10	7.25	26.90	9.50	9.50	26.90	26.90
Desgaste de Frenos PM 2,5	6.00	32.25	7.50	7.50	32.25	32.25

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.1.5.1 Emisiones por desgaste de neumáticos

Estas emisiones corresponde principalmente a partículas entre PM_{2.5} y PM₁₀, el cálculo es el siguiente.

$$E_r^{i \text{ caliente}} = (Nveh_r * Drec_r * FE_r^i) / 1000000000$$

Donde:

Los parámetros:

r = Categoría del vehículo según año y modelo

i : Contaminante ($PM_{10}, PM_{2.5}$)

El término:

$$E_r^{i \text{ caliente}} = \text{Emisión en caliente del contaminante } i \text{ producido por los vehículos } r \left(\frac{t}{a} \right)$$

Datos:

$Nveh_r$ = número de vehículos de la categoría r según año modelo

$Drec_r$ = Distancia media anual recorrida por los vehículos tipo r $\left(\frac{km}{año} \right)$

FE_r^i = Factor de emisión del contaminante i , por desgaste $\left(\frac{mg}{km} \right)$

Para las emisiones por desgaste de neumáticos se tiene lo siguiente:

$$E_{Camioneta}^{PM_{10} \text{ desgaste}} = (Nveh_{Camioneta} * Drec_{Camioneta} * FE_{Camioneta}^{PM_{10}}) / 1000000000$$

$$E_{Camioneta 99}^{PM_{10} \text{ desgaste}} = \frac{4758 * 8000 \frac{km}{año} * 3.45 \frac{mg}{km}}{1000000000} = 0.13 \frac{Ton}{año} \text{ de } PM_{10}$$

La emisión total del material particulado por desgaste de neumáticos se resume en las siguientes tablas:

Tabla N° 31 Emisión de material particulado PM₁₀ (Ton / año) vehículos a gasolina

Año Modelo	Automóvil	Jeep	Camioneta	Camión	Motocicleta	Taxis	Total
99 Anteriores	0.13	0.06	0.20	0.05	0.002	0.04	0.48
2000	0.001	0.001	0.001	0.0002	0.0001	0.0003	0.004
2001	0.01	0.01	0.01	0.004	0.0002	0.003	0.04
2002	0.02	0.01	0.02	0.01	0.001	0.01	0.06
2003	0.02	0.01	0.02	0.01	0.001	0.01	0.05
2004	0.02	0.01	0.01	0.01	0.003	0.01	0.05
2005	0.03	0.01	0.02	0.01	0.004	0.01	0.08
2006	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.09
2007	0.03	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.10
2008	0.03	0.01	0.03	0.01	0.02	0.01	0.10
2009	0.04	0.03	0.03	0.01	0.02	0.01	0.15
2010	0.01	0.01	0.01	0.002	0.001	0.004	0.04
Total	0.36	0.19	0.40	0.12	0.07	0.11	1.25

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

Tabla N° 32 Emisión de material particulado PM₁₀ (Ton / año) vehículos a diesel

Año Modelo	Automóvil	Bus	Jeep	Furgoneta Camioneta	Camión tanquero volquetero	Tráiler	Total
99 Anteriores	0.001	0.08	0.00	0.03	1.54	0.19	1.85

Año Modelo	Automóvil	Bus	Jeep	Furgoneta Camioneta	Camión tanquero volquetero	Tráiler	Total
2000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.01	0.004	0.01
2001	0.0001	0.02	0.0005	0.002	0.11	0.01	0.13
2002	0.0001	0.02	0.001	0.003	0.23	0.02	0.27
2003	0.0001	0.01	0.0004	0.003	0.18	0.01	0.21
2004	0.0001	0.02	0.0004	0.003	0.14	0.01	0.17
2005	0.0001	0.03	0.0005	0.003	0.18	0.01	0.24
2006	0.0002	0.01	0.001	0.003	0.20	0.01	0.23
2007	0.0001	0.01	0.001	0.003	0.24	0.02	0.27
2008	0.0001	0.01	0.001	0.004	0.23	0.03	0.28
2009	0.0002	0.03	0.001	0.01	0.42	0.05	0.51
2010	0.0001	0.005	0.001	0.002	0.07	0.02	0.10
Total	0.002	0.24	0.01	0.06	3.56	0.39	4.26

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.1.5.2 Emisión por desgaste de pavimento (rodadura)

Se encuentra entre las partículas de PM_{2.5} y PM₁₀, por lo que se estima la emisión en partículas de diámetro de 10 micras, con la siguiente ecuación modelo.

$$E_r^{i \text{ caliente}} = (Nveh_r * Drec_r * FE_r^i) / 1000000000$$

Donde:

Los parámetros:

r = Categoría del vehículo según año y modelo

i : Contaminante ($PM_{10}, PM_{2.5}$)

El término:

$$E_r^{i \text{ caliente}} = \text{Emisión en caliente del contaminante } i \text{ producido por los vehículos } r \left(\frac{t}{a} \right)$$

Datos:

$Nveh_r$ = número de vehículos de la categoría r según año modelo

$Drec_r$ = Distancia media anual recorrida por los vehículos tipo r $\left(\frac{km}{año} \right)$

FE_r^i = Factor de emisión del contaminante i , por desgaste $\left(\frac{mg}{km} \right)$

El cálculo modelo de emisiones por desgaste de pavimento es el siguiente:

$$E_{Volquetero}^{PM_{10} \text{ desgaste}} = (Nveh_{Volquetero} * Drec_{Volquetero} * FE_{Volquetero}^{PM_{10}}) /$$

1000000000

$$E_{Volquetero}^{PM_{10} \text{ desgaste}} = \frac{176 * 30000 \frac{km}{año} * 26.90 \frac{mg}{km}}{1000000000} = 0.14 \frac{Ton}{año} \text{ de } PM_{10}$$

La sumatoria de todas las emisiones por tipo de vehículo nos da el gran total, de material particulado PM_{10} , por el desgaste del pavimento.

Tabla N° 33 Emisión de material particulado PM₁₀ (Ton/año) desgaste de pavimento; vehículos a gasolina

Año Modelo	Automóvil	Jeep	Camioneta Furgoneta	Camión	Motocicleta	Taxis	Total
99 Anteriores	0.28	0.12	0.41	0.07	0.01	0.09	0.98
2000	0.002	0.003	0.003	0.0003	0.0001	0.0007	0.01
2001	0.02	0.02	0.02	0.01	0.0005	0.01	0.08
2002	0.04	0.03	0.04	0.01	0.001	0.01	0.12
2003	0.04	0.02	0.03	0.01	0.002	0.01	0.11
2004	0.04	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01	0.11
2005	0.06	0.02	0.05	0.01	0.01	0.02	0.16
2006	0.06	0.02	0.05	0.01	0.02	0.02	0.18
2007	0.06	0.03	0.05	0.01	0.02	0.02	0.20
2008	0.06	0.03	0.06	0.01	0.04	0.02	0.21
2009	0.09	0.06	0.07	0.02	0.04	0.03	0.31
2010	0.03	0.03	0.02	0.003	0.001	0.01	0.09
Total	0.76	0.40	0.83	0.17	0.14	0.24	2.54

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

Tabla N° 34 Emisión de material particulado PM₁₀ (Ton/año) desgaste de pavimento; vehículos a diesel

Año Modelo	Automóvil	Bus	Jeep	Furgoneta Camioneta	Camión tanquero volquetero	Tráiler	Total
99 Anteriores	0.001	0.11	0.01	0.06	2,24	0.28	2.70
2000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0004	0,01	0.01	0.02
2001	0.0001	0.02	0.001	0.004	0,16	0.01	0.20
2002	0.0002	0.03	0.001	0.01	0,33	0.03	0.39

Año Modelo	Automóvil	Bus	Jeep	Furgoneta Camioneta	Camión tanquero volquetero	Tráiler	Total
2003	0.0002	0.02	0.001	0.01	0,26	0.01	0.30
2004	0.0002	0.03	0.001	0.01	0,21	0.01	0.25
2005	0.0003	0.05	0.001	0.01	0,27	0.02	0.34
2006	0.0003	0.02	0.001	0.01	0,29	0.02	0.34
2007	0.0003	0.01	0.002	0.01	0,35	0.02	0.39
2008	0.0003	0.01	0.002	0.01	0,34	0.04	0.40
2009	0.0005	0.04	0.003	0.01	0,61	0.08	0.74
2010	0.0002	0.01	0.001	0.003	0,11	0.03	0.15
Total	0.004	0.34	0.02	0.13	5,16	0.57	6.23

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.1.5.3 Emisión por desgaste de frenos

Las emisiones por desgaste de frenos se asigna totalmente al material particulado PM_{2.5}

$$E_r^{i \text{ caliente}} = (Nveh_r * Drec_r * FE_r^i) / 1000000000$$

Donde:

Los parámetros:

r = Categoría del vehículo según año y modelo

i : Contaminante (PM_{2.5})

El término:

$$E_r^{i \text{ caliente}} = \text{Emisión en caliente del contaminante } i \text{ producido por los vehículos } r \left(\frac{t}{a} \right)$$

Datos:

$Nveh_r$ = número de vehículos de la categoría r según año modelo

$Drec_r =$ Distancia media anual recorrida por los vehículos tipo r $\left(\frac{km}{año}\right)$

$FE_r^i =$ Factor de emisión del contaminante i, por desgaste $\left(\frac{mg}{km}\right)$

Calculo modelo de la emisión por desgaste de frenos

$$E_{Bus}^{PM_{2.5} \text{ desgaste}} = (Nveh_{Bus} * Drec_{Bus} * FE_{Bus}^{PM_{2.5}}) / 1000000000$$

$$E_{Bus}^{PM_{2.5} \text{ desgaste}} = \frac{59 * 70000 \frac{km}{año} * 32.50 \frac{mg}{km}}{1000000000} = 0.13 \frac{Ton}{año} \text{ de } PM_{2.5}$$

El total de emisiones de material particulado por el desgaste de frenos se cuantifican en las siguientes tablas:

Tabla N° 35 Emisión de material particulado PM_{2.5} (Ton/año); desgaste de frenos; vehículos a gasolina

Año Modelo	Automóvil	Jeep	Camioneta Furgoneta	Camión	Motocicleta	Taxis	Total
99 Anteriores	0.23	0.10	0.4	0.09	0.004	0.07	0.84
2000	0.002	0.002	0.002	0.0003	0.0001	0.001	0.01
2001	0.02	0.02	0.02	0.01	0.0004	0.01	0.07
2002	0.03	0.02	0.03	0.01	0.001	0.01	0.11
2003	0.03	0.01	0.03	0.01	0.002	0.01	0.09
2004	0.03	0.01	0.03	0.01	0.005	0.01	0.09
2005	0.05	0.02	0.04	0.01	0.01	0.02	0.13
2006	0.05	0.02	0.04	0.01	0.01	0.02	0.15

Año Modelo	Automóvil	Jeep	Camioneta Furgoneta	Camión	Motocicleta	Taxis	Total
2007	0.05	0.03	0.04	0.01	0.02	0.02	0.17
2008	0.05	0.03	0.05	0.01	0.03	0.01	0.18
2009	0.07	0.05	0.06	0.02	0.03	0.02	0.26
2010	0.03	0.02	0.02	0.004	0.001	0.01	0.07
Total	0.63	0.33	0.69	0.20	0.12	0.20	2.17

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

Tabla N° 36 Emisión de material particulado PM_{2.5} (Ton/año); desgaste de frenos; vehículos a diesel

Año Modelo	Automóvil	Bus	Jeep	Furgoneta Camioneta	Camión tanquero volquetero	Tráiler	Total
99 Anteriores	0.001	0.13	0.005	0.05	2.68	0.34	3.21
2000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0003	0.01	0.01	0.02
2001	0.0001	0.03	0.001	0.003	0.19	0.01	0.23
2002	0.0002	0.03	0.001	0.005	0.40	0.03	0.47
2003	0.0002	0.02	0.001	0.005	0.32	0.02	0.36
2004	0.0002	0.03	0.001	0.004	0.25	0.01	0.30
2005	0.0002	0.06	0.001	0.01	0.32	0.02	0.41
2006	0.0003	0.03	0.001	0.01	0.35	0.03	0.40
2007	0.0003	0.01	0.001	0.01	0.42	0.03	0.46
2008	0.0002	0.01	0.001	0.01	0.41	0.05	0.48
2009	0.0004	0.05	0.002	0.01	0.73	0.09	0.88
2010	0.0001	0.01	0.001	0.003	0.13	0.04	0.18
Total	0.003	0.41	0.02	0.10	6.19	0.68	7.40

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.1.6 Emisión total de material particulado PM₁₀ y PM_{2.5}

La cantidad total de materia particulado se compone de las emisiones en caliente y las emisiones en desgaste por lo tanto el total viene dado de la siguiente manera:

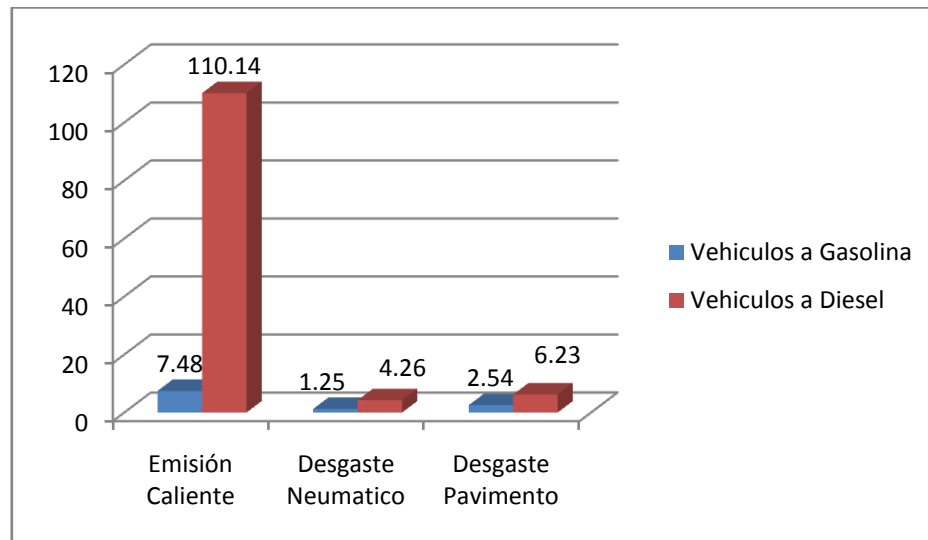
Tabla Nº 37 Emisión total de material particulado PM₁₀ (Ton/año)

Tipo de vehículo	Emisión Caliente	Desgaste Neumático	Desgaste Pavimento	Total
Vehículos a Gasolina	7.48	1.25	2.54	11,7
Vehículos a Diesel	110.14	4.26	6.23	120.63
Total	117.62	5.51	8.77	131.90

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

Grafico Nº 15 Emisión de material particulado PM₁₀ (Ton/año) por combustible utilizado y tipo de emisión



Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

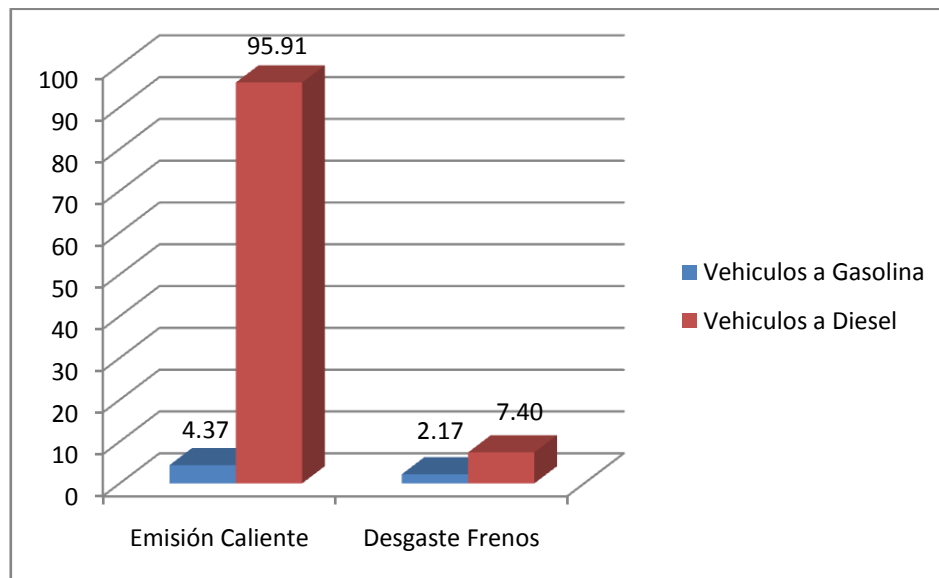
Tabla N° 38 Emisión total de material particulado PM_{2.5} (Ton/año)

Tipo de vehículo	Emisión Caliente	Desgaste Frenos	Total
Vehículos a Gasolina	4.37	2.17	6.54
Vehículos a Diesel	95.91	7.40	103.32
Total	100.28	9.57	109.86

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

Gráfico N° 16 Emisión de material particulado PM_{2.5} (Ton/Año) por combustible utilizado y tipo de emisión



Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.1.7 Emisiones de SO₂

Las emisiones de dióxido de azufre se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$E_r^{SO_2} = (0.00378 * \frac{Nveh_r}{CC_r} * Den * S) / 1000$$

Donde:

Parámetros

r = categoría de vehículo según el año modelo

Término

$$E_r^{SO_2} = \text{emisión del SO}_2 \text{ de los vehículos } r \left(\frac{\text{ton}}{\text{año}} \right)$$

Datos:

$Nveh_r$ = número de vehículos de la categoría r según año modelo

CC_r

= consumo de combustible por distancia recorrida $\left(\frac{\text{gal}}{\text{km}} \right)$ para los vehículos r

Den = densidad del combustible $\left(\frac{\text{km}}{\text{m}^3} \right)$

S = contenido de azufre del combustible (%)

4.7.1.7.1 Propiedades de los combustibles

Los datos que se requiere para calcular la emisión de dióxido de azufre, se encuentran registrados en la siguiente tabla.

Tabla N° 39 Propiedades de los combustibles

Combustible	Contenido de Azufre (%)	Densidad (kg/m³)
Gasolina Extra	0.02	739
Gasolina Súper	0.02	739
Diesel	0.45	845
Jet Fuel	0.10	

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Inventario de Emisiones Atmosféricas del Cantón Cuenca año 2007

Tabla N° 40 Emisiones de SO₂ (Ton/año) de vehículos a gasolina

	Automóvil	Jeep	Camioneta Furgoneta	Camión	Motocicleta	Taxi	Total
Emisión	12.29	5.64	13.14	0.93	3.95	1.07	37.01
Porcentaje	33.21	15.23	35.50	2.50	10.67	2.89	100

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

Tabla N° 41 Emisiones de SO₂ de vehículos a diesel

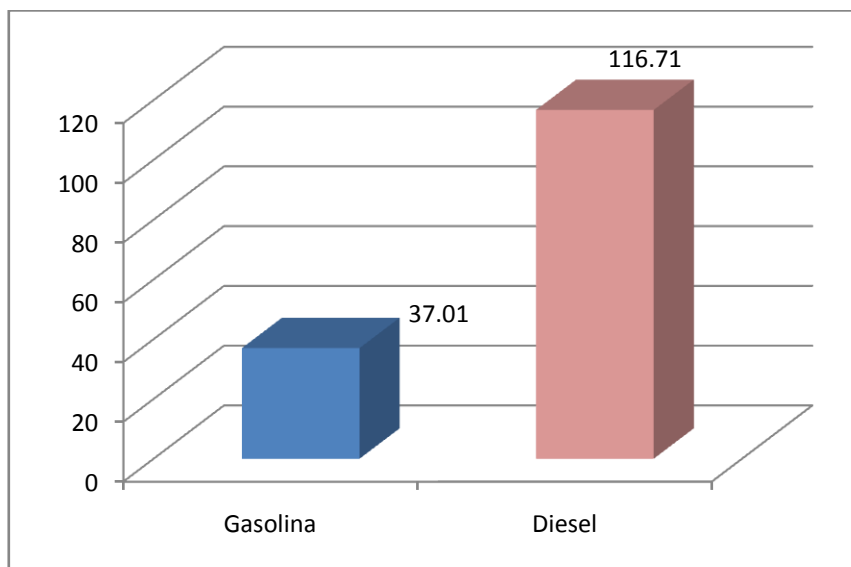
	Automóvil	Bus	Jeep	Furgoneta Camioneta	Camión Tanquero volquetero	Tráiler	Total
Emisión	1.10	4.73	3.50	21.62	77.24	8.51	116.71
Porcentaje	0.94	4.06	3.00	18.52	66.18	7.30	100.00

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

Las emisiones de SO₂ ascienden a un total de 153.72 toneladas al año de las cuales el 75.88% corresponde a los vehículos a gasolina y el 24.12% restante a los vehículos a gasolina.

Grafico N° 17 Emisión anual de SO₂ (Ton/año) por tipo de combustible



Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.1.8 Resumen de las emisiones de fuentes móviles totales del cantón Latacunga

En las siguientes tablas se encuentra distribuido el total de emisiones de los contaminantes seleccionados con su porcentaje respectivo

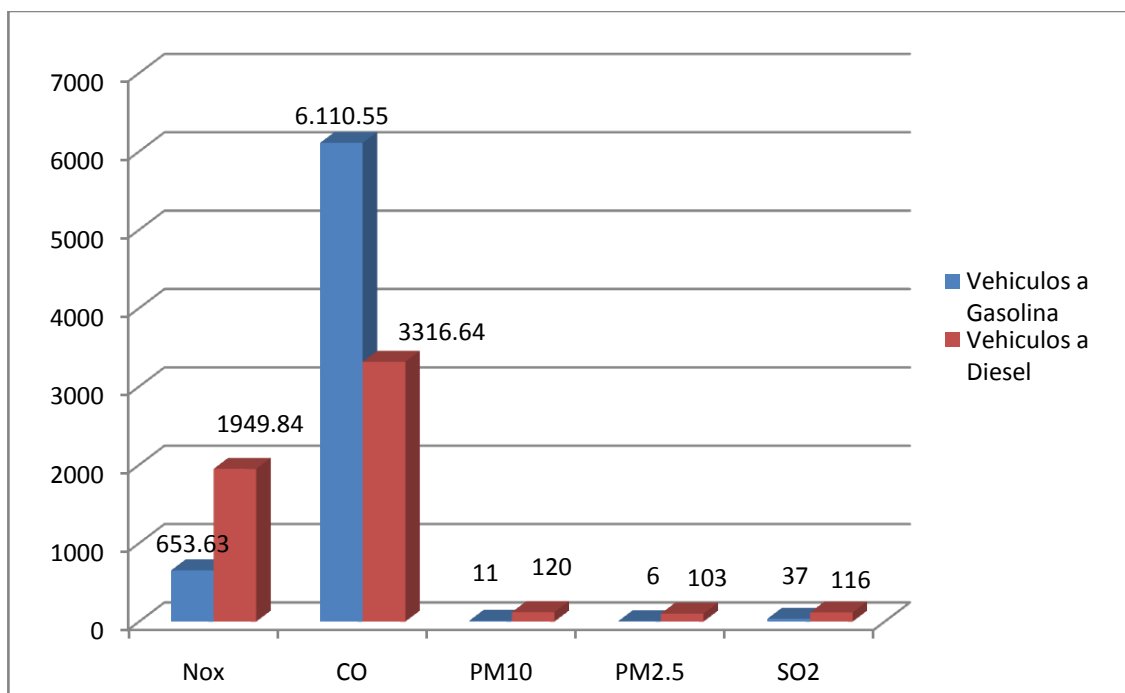
Tabla N° 42 Emisiones anuales del cantón Latacunga (Ton/año)

Tipo de Vehículo	NOx	CO	PM10	PM2.5	SO2
Vehículos a Gasolina	653.63	6110.55	11.27	6.54	37.01
Vehículos a Diesel	1949.84	3316.64	120.63	103.32	116.71
Total	2603.46	9427.19	131.90	109.85	153.72

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

Grafico N° 18 Emisiones atmosféricas anuales por tipo de combustible del cantón Latacunga



Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.2 Emisiones de las fuentes fijas

Se considera como fuentes fijas a las industrias existentes en el cantón Latacunga, que para el estudio del Inventario de Emisiones, se han tomado en cuenta Industrias y Negocios significativos que como mínimo tengan un consumo de 100 gal/año de alguno de los combustibles típicos que pudieron señalar dichas industrias.

Por tanto, al ser un trabajo extenso, el ir visitando industria a industria para la obtención de los datos (Ver Anexo 4), se pudo elaborar un cronograma de visitas para ejecutarlo en ocho semanas:

Tabla N° 43 Cronograma de visitas

No.	Empresa	Año 2011							
		Julio		Agosto		Octubre		Diciembre	
		II	III	III	IV	II	III	I	II
1	Ecarni S. A. (Don Diego)	x							
2	Cedal	x							
3	Lubricadora Condorcana	x							
4	Antiguo Familia Sancela	x							
5	Curtilán	x							
6	Rosas del Prado Prarosas	x							
7	Ladrillera La Merceditas	x							
8	AudiCar	x							
9	Technirose Cía Ltda		x						
10	Agrícola San Fulgencio		x						
11	Agrícola El Rosario		x						
12	Naranja Roses Ecuador		x						
13	Provefrut S. A.		x						
14	Cárnicos El Corral		x						
15	Verdillano Cía Ltda		x						
16	Estiplast Cía Ltda		x						
17	Santo Domingo's House			x					
18	Corporación La Libertad			x					

No.	Empresa	Año 2011							
		Julio		Agosto		Octubre		Diciembre	
		II	III	III	IV	II	III	I	II
19	Efandina S. A.			x					
20	Productos el Excelente			x					
21	Huevos Naturales Ecuador			x					
22	Aglomerados Cotopaxi			x					
23	Seconi Cía Ltda			x					
24	Megaroses Cía Ltda			x					
25	Rosely Flowers				x				
26	Mecánica Service Truck				x				
27	Mecánica Automotriz Centro				x				
28	Mecánica Diesel				x				
29	Prodalec (Lácteos)				x				
30	Servicio Eléctrico Oswaldo Molina				x				
31	Florícola La Rosaleda				x				
32	Sierraflor Cía Ltda				x				
33	Lubricadora Americana					x			
34	Talleres Mogro					x			
35	Sanbel Flowers Cía Ltda					x			
36	Holcim					x			
37	Hospital Provincial General de Latacunga					x			
38	Cereales la Pradera Jose Sima					x			
39	Rosalquez					x			
40	Sindicato de choferes profesionales de cotopaxi					x			
41	Fideos Ripalda						x		
42	Aserradero Paredes						x		
43	Fabrica de ladrillos Romero Paguay						x		
44	Pambaflor						x		
45	Fuente San Felipe S. A.						x		
46	Complejo Turistico Sol Caribe						x		
47	Molinos Ploutier						x		

No.	Empresa	Año 2011							
		Julio		Agosto		Octubre		Diciembre	
		II	III	III	IV	II	III	I	II
48	Embutidos La Madrileña						x		
49	Liberlac							x	
50	Rose Succes Lta.							x	
51	Flores de Decoración							x	
52	Carnidem CIA LTDA							x	
53	Solinec							x	
54	Ladrillera Pichucho							x	
55	Ladrillera Caiza							x	
56	Novacero							x	
	Levantamiento de otras informaciones importantes								x

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Planificación de Visita Técnica a las Industrias, Latacunga 2011

Al contar con las direcciones de las industrias citadas, se pudo dar lugar a la elaboración de la malla de industrias contactadas en el cantón Latacunga.

Ahora para poder desarrollar un inventario de emisiones, se necesitaría atender personalmente a cada industria, con equipos validados por el Ministerio del Ambiente y así poder, monitorear por largos períodos de tiempo, para obtener una muestra representativa y emitir conclusiones sobre el nivel de contaminación de cada chimenea, de cada industria, sector y por ende del cantón.

Por ello, los factores de emisión permiten obtener un dato aproximado de la emisión contaminante a la atmósfera que está teniendo cada industria y el cantón entero, en base a estudios anteriormente realizados y a cálculos matemáticos que mediante una fórmula apropiada permiten conocer el dato de emisión, en cuanto a un gas específico.

En la metodología se había señalado paso a paso el camino a seguir para poder estimar las emisiones atmosféricas de las fuentes fijas, que mediante el dato conferido de la cantidad de combustible consumido por la industria, se puede obtener el resultado.

4.7.2.1 Emisiones de contaminantes por consumo de GLP

Acorde a la visita técnica que se pudo realizar, se pudo constatar y obtener el dato de aquellas industrias que utilizan el gas GLP como combustible, para alcanzar sus objetivos de producción, que junto con el factor de emisión brindan el dato de la emisión de los contaminantes considerados en el estudio.

Factor de emisión

En primera instancia es necesario estructurar los factores de emisión de GLP, mediante la recopilación de los factores de emisión de propano y butano, que provienen de los factores de emisión AP-42 de la USEPA (2004).

Tabla N° 44 Factores de emisión de GLP (g kg⁻¹). Industrias

Contaminante	Factor de emisión
NOx	4.45
CO	0.75
SO2	0
PM10	0.25
PM2,5	0.25

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: US-EPA, 2004

De igual forma, para el caso de GLP utilizado a nivel Comercial-Institucional, se utilizan los siguientes factores:

Tabla N°45 Factores de emisión de GLP (g kg⁻¹). Comercial-Institucional

Contaminante	Factor de emisión
NOx	3.25
CO	0.51
SO2	0
PM10	0.22
PM2,5	0.22

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: US-EPA, 2004

Modelo de emisiones

Las emisiones anuales de contaminantes a partir del consumo de GLP a nivel industrial, comercial – institucional, se calculan mediante la ecuación:

$$E_j^i = \frac{FE_j * ConGLP}{1000000}$$

Donde:

Los parámetros:

- i es el centro industrial o comercial / institucional
- j es el contaminante

El término:

- E_j^i emisión anual del contaminante j producido por el centro i (t a⁻¹)

Los datos:

FE_j factor de emisión del contaminante j ($g\ kg^{-1}$)
 ConGLP consumo de GLP ($kg\ a^{-1}$)

4.7.2.1.1 Emisiones de NOx en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen GLP en el cantón Latacunga

Tras los cálculos respectivos se obtiene que las emisiones de NOx que surgieron a partir de las fuentes fijas que consumen Gas GLP como fuente de combustible, en el cantón Latacunga, son:

$$E_j^i = \frac{FE_j * ConGLP}{1000000}$$

$$E_{NOx}^{Cedal} = \frac{4.45 \frac{g}{kg} * 23274.12\ kg/año}{1000000} = 0.1036\ ton\ NOx\ /año$$

Tabla N° 46 Emisiones de NOx Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de GLP – Latacunga

No.	Empresa	Consumo de Gas (GLP), kg/año	Factor de Emisión de NOx para GLP, g/kg	Emisión de NOx, ton/año
Industrial				
1	Cedal	23274.12	4.45	0.10
2	Embutidos La Madrileña	2880	4.45	0.01

No.	Empresa	Consumo de Gas (GLP), kg/año	Factor de Emisión de NOx para GLP, g/kg	Emisión de NOx, ton/año
3	Provefrut S. A.	21600	4.45	0.10
4	Holcim	2833000	4.45	12.61
5	Carnidem CIA LTDA	5000	4.45	0.02
6	Productos el Excelente	1800	4.45	0.01
7	Naranja Roses Ecuador	1718.18	4.45	0.01
8	Agrícola San Fulgencio	720	4.45	0.003
9	Verdillano Cía Ltda	360	4.45	0.002
10	Technirose Cía Ltda	5040	4.45	0.02
11	Rosely Flowers	360	4.45	0.002
12	Sierraflor Cía Ltda	5460	4.45	0.02
13	Agrícola El Rosario	10920	4.45	0.05
14	Rosalquez	1000	4.45	0.005
15	Pambaflor	3780	4.45	0.02
Comercial Institucional				
16	Hospital Provincial General de Latacunga	17300	3.25	0.06
17	Complejo Turístico Sol Caribe	1000	3.25	0.003
18	Santo Domingo's House	10950	3.25	0.04
19	Flores de Decoración	288	3.25	0.0009
20	Rosas del Prado Prarosas	360	3.25	0.001
TOTAL				13.08

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Cálculo Factores de Emisión EPA

4.7.2.1.2 Emisiones de CO en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen GLP en el cantón Latacunga

Tras los cálculos respectivos se obtiene que las emisiones de CO que surgieron a partir de las fuentes fijas que consumen Gas GLP como fuente de combustible, en el cantón Latacunga, sean:

$$E_j^i = \frac{FE_j * ConGLP}{1000000}$$

$$E_{CO}^{Cedal} = \frac{0.75 \frac{g}{kg} * 23274.12 \text{ kg/año}}{1000000} = 0.0175 \text{ ton CO/año}$$

Tabla N° 47 Emisiones de CO año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de GLP – Latacunga

No.	Empresa	Consumo de Gas (GLP), kg/año	Factor de Emisión de CO para GLP, g/kg	Emisión de CO, ton/año
Industrial				
1	Cedal	23274.12	0.75	0.02
2	Embutidos La Madrileña	2880	0.75	0.002
3	Provefrut S. A.	21600	0.75	0.02
4	Holcim	2833000	0.75	2.12
5	Carnidem CIA LTDA	5000	0.75	0.004
6	Productos el Excelente	1800	0.75	0.001
7	Naranja Roses Ecuador	1718.18	0.75	0.001
8	Agrícola San Fulgencio	720	0.75	0.001

No.	Empresa	Consumo de Gas (GLP), kg/año	Factor de Emisión de CO para GLP, g/kg	Emisión de CO, ton/año
9	Verdillano Cía Ltda	360	0.75	0.0003
10	Technirose Cía Ltda	5040	0.75	0.004
11	Rosely Flowers	360	0.75	0.0003
12	Sierraflor Cía Ltda	5460	0.75	0.004
13	Agrícola El Rosario	10920	0.75	0.008
14	Rosalquez	1000	0.75	0.001
15	Pambaflor	3780	0.75	0.003
Comercial Institucional				
16	Hospital Provincial General de Latacunga	17300	0.51	0.01
17	Complejo Turístico Sol Caribe	1000	0.51	0.001
18	Santo Domingo's House	10950	0.51	0.01
19	Flores de Decoración	288	0.51	0.0001
20	Rosas del Prado Prarosas	360	0.51	0.0002
TOTAL				2.20

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.2.1.3 Emisiones de PM10 y 2,5 en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen GLP en el cantón Latacunga

Tras los cálculos respectivos se obtiene que las emisiones de PM10 y 2.5 que surgieron a partir de las fuentes fijas que consumen Gas GLP como fuente de combustible, en el cantón Latacunga, son:

$$E_j^i = \frac{FE_j * ConGLP}{1000000}$$

$$E_{PM10y2.5}^{Cedal} = \frac{0.25 \frac{g}{kg} * 23274.12 \text{ kg/año}}{1000000} = 0.0058 \text{ ton PM10y2.5/año}$$

Tabla N° 48 Emisiones de PM10 Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de GLP – Latacunga

No.	Empresa	Consumo de Gas (GLP), kg/año	Factor de Emisión de PM 10 para GLP, g/kg	Emisión de PM 10 ton/año
Industrial				
1	Cedal	23274.12	0.25	0.01
2	Embutidos La Madrileña	2880	0.25	0.001
3	Provefrut S. A.	21600	0.25	0.01
4	Holcim	2833000	0.25	0.71
5	Carnidem CIA LTDA	5000	0.25	0.001
6	Productos el Excelente	1800	0.25	0.001
7	Naranja Roses Ecuador	1718.18	0.25	0.0004
8	Agrícola San Fulgencio	720	0.25	0.0002
9	Verdillano Cía Ltda	360	0.25	0.0001
10	Technirose Cía Ltda	5040	0.25	0.001
11	Rosely Flowers	360	0.25	0.0001
12	Sierraflor Cía Ltda	5460	0.25	0.001
13	Agrícola El Rosario	10920	0.25	0.003
14	Rosalquez	1000	0.25	0.0003
15	Pambaflor	3780	0.25	0.001
Comercial Institucional				
16	Hospital Provincial General de Latacunga	17300	0.22	0.004
17	Complejo Turístico Sol Caribe	1000	0.22	0.0002
18	Santo Domingo's House	10950	0.22	0.002

No.	Empresa	Consumo de Gas (GLP), kg/año	Factor de Emisión de PM 10 para GLP, g/kg	Emisión de PM 10 ton/año
19	Flores de Decoración	288	0.22	0.0001
20	Rosas del Prado Prarosas	360	0.22	0.0001
TOTAL				0.74

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

Tabla N° 49 Emisiones de PM2.5 Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de GLP – Latacunga

No.	Empresa	Consumo de Gas (GLP), kg/año	Factor de Emisión de PM 2.5 para GLP, g/kg	Emisión de PM 2.5 ton/año
Industrial				
1	Cedal	23274.12	0.25	0.01
2	Embutidos La Madrileña	2880	0.25	0.001
3	Provefrut S. A.	21600	0.25	0.01
4	Holcim	2833000	0.25	0.71
5	Carnidem CIA LTDA	5000	0.25	0.001
6	Productos el Excelente	1800	0.25	0.001
7	Naranja Roses Ecuador	1718.18	0.25	0.0004
8	Agrícola San Fulgencio	720	0.25	0.0002
9	Verdillano Cía Ltda	360	0.25	0.0001
10	Technirose Cía Ltda	5040	0.25	0.001
11	Rosely Flowers	360	0.25	0.0001
12	Sierraflor Cía Ltda	5460	0.25	0.001
13	Agrícola El Rosario	10920	0.25	0.003
14	Rosalquez	1000	0.25	0.0003
15	Pambaflor	3780	0.25	0.001

No.	Empresa	Consumo de Gas (GLP), kg/año	Factor de Emisión de PM 2.5 para GLP, g/kg	Emisión de PM 2.5 ton/año
Comercial Institucional				
16	Hospital Provincial General de Latacunga	17300	0.22	0.004
17	Complejo Turístico Sol Caribe	1000	0.22	0.0002
18	Santo Domingo's House	10950	0.22	0.002
19	Flores de Decoración	288	0.22	0.0001
20	Rosas del Prado Prarosas	360	0.22	0.0001
TOTAL				0.74

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.2.1.4 Emisión Total de Contaminantes en el año 2010, por combustión de GLP en el cantón Latacunga

El resumen de la emisión de contaminantes en el año 2010, a partir de las fuentes fijas, que dan lugar a la combustión de Gas GLP, para el alcance de sus objetivos productivos, es:

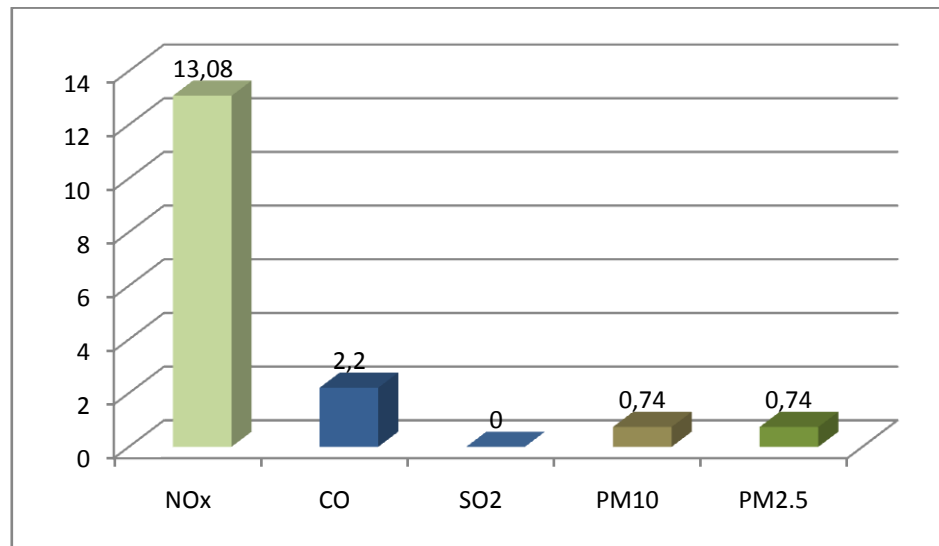
Tabla N°50 Emisión de contaminantes año 2010 a partir de fuentes fijas, por combustión de Gas GLP, Latacunga

Contaminante	Emisión 2010, ton/año
NOx	13.08
CO	2.20
SO2	0
PM10	0.74
PM2,5	0.74

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

Gráfico N° 19 Emisión de contaminantes Año 2010 a partir de fuentes fijas, por combustión de gas GLP, Latacunga



Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Visita Técnica a las Industrias, Latacunga 2011

4.7.2.2 Emisiones de Contaminantes por consumo de Diesel 2

Continuando con la visita técnica que se pudo realizar, se pudo constatar y obtener el dato de aquellas industrias que utilizan Diesel 2 como combustible, para alcanzar sus objetivos de producción, que junto con el factor de emisión brindan el dato de la emisión de los contaminantes considerados en el estudio.

Factor de emisión

Los factores de emisión seleccionados para la combustión de diesel 2 en industrias, provienen de los factores de emisión AP-42 de la US-EPA (2004).

El factor de emisión de SO₂ corresponde a la aplicación de la expresión 142*S, siendo S el porcentaje de azufre del diesel 2 (0.45%).

Tabla N° 51 Factores de emisión por la combustión de diesel 2 (lb/1 000 galones) (US-EPA, 2004)

(External combustion boilers, industrial, grades 1 and 2 oil, uncontrolled)

Contaminante	Factor de emisión
NO _x	24
CO	5
SO ₂	63.9
PM ₁₀	2.3
PM _{2,5}	1.55

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: US-EPA, 2004

Modelo de emisiones

Las emisiones anuales de contaminantes a partir del consumo de Diesel 2, se calculan mediante la ecuación:

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

Donde:

Los parámetros:

i es el centro industrial o comercial / institucional

j es el contaminante

El término:

E_j^i emisión anual del contaminante j producido por el centro i ($t a^{-1}$)

Los datos:

FE_j Factor de emisión del contaminante j (lb/1000gal)

ConDie consumo de Diesel 2 ($gal a^{-1}$)

4.7.2.2.1 Emisiones de NOx en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen diesel 2 en el cantón Latacunga

Tras los cálculos respectivos se obtiene que las emisiones de NOx que surgieron a partir de las fuentes fijas que consumen Diesel 2 como fuente de combustible, en el cantón Latacunga, son:

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

$$E_{NOx}^{Ecarni} = \frac{24 \frac{lb}{1000gal} * 64994 gal/año}{2204000} = 0.7077 ton NOx /año$$

Tabla N° 52 Emisiones de NOx Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Diesel 2 – Latacunga

No.	Empresa	Consumo de Diesel 2, gal/año	Factor de Emisión de NOx para Diesel 2, lb/1000 gal	Emisión de NOx, ton/año
1	Ecarni S. A. (Don Diego)	65800	24	0.72

No.	Empresa	Consumo de Diesel 2, gal/año	Factor de Emisión de NOx para Diesel 2, lb/1000 gal	Emisión de NOx, ton/año
2	Cedal Corporación Ecuatoriana de Aluminio	649602	24	7.07
3	Lubricadora Condorcana	1200	24	0.01
4	Familia Sancela	516892	24	5.63
5	Consortios NCL pavimentos PADKO	172000	24	1.87
6	Escuela Politécnica del Ejército ESPE	10500	24	0.11
7	Fuentes San Felipe	14000	24	0.15
8	Nintangá S. A.	118000	24	1.28
9	Novacero	591919	24	6.45
10	Parmalat	6000	24	0.07
11	Sociedad Agropecuaria Callo	6000	24	0.07
12	Curtilán	9000	24	0.10
13	AudiCar	240	24	0.003
14	Technirose Cía Ltda	360	24	0.004
15	Agrícola San Fulgencio	338.7	24	0.004
16	Agrícola El Rosario	450	24	0.005
17	Provefrut S. A.	108000	24	1.18
18	Cárnicos El Corral	34560	24	0.38
19	Verdillano Cía Ltda	720	24	0.01
20	Estiplast Cía Ltda	2920	24	0.03
21	Corporación La Libertad	4000	24	0.04
22	Huevos Naturales Ecuador	4160	24	0.05
23	Aglomerados Cotopaxi	624687	24	6.80
24	Seconi Cía Ltda	300	24	0.003
25	Megaroses Cía Ltda	1500	24	0.02
26	Rosely Flowers	480	24	0.01

No.	Empresa	Consumo de Diesel 2, gal/año	Factor de Emisión de NOx para Diesel 2, lb/1000 gal	Emisión de NOx, ton/año
27	Mecánica Service Truck	120	24	0.001
28	Mecánica Automotriz Centro	50	24	0.001
29	Mecánica Diesel	120	24	0.001
30	Prodalec (Lácteos)	9000	24	0.10
31	Florícola La Rosaleda	480	24	0.01
32	Sierraflor Cía Ltda	6240	24	0.07
33	Lubricadora Americana	360	24	0.004
34	Talleres Mogro	100	24	0.001
35	Sanbel Flowers Cía Ltda	156	24	0.002
36	Hospital Provincial General de Latacunga	23000	24	0.25
37	Cereales la Pradera Jose Sima	1200	24	0.01
38	Sindicato de choferes profesionales de cotopaxi	260	24	0.003
39	Fideos Ripalda	12000	24	0.13
40	Aserradero Paredes	960	24	0.01
41	Pambaflor	39672	24	0.43
42	Molinos Ploutier	94000	24	1.02
43	Embutidos La Madrileña	9036	24	0.10
44	Liberlac	440	24	0.005
45	Rose Succes Cía Ltda	100	24	0.001
46	Flores de Decoración	306	24	0.003
47	Carnidem Cía Ltda	9924	24	0.11
48	Solinec	9600	24	0.10
TOTAL				34.42

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.2.2.2 Emisiones de CO en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen Diesel 2 en el cantón Latacunga

Tras los cálculos respectivos se obtiene que las emisiones de CO que surgieron a partir de las fuentes fijas que consumen Diesel 2 como fuente de combustible, en el cantón Latacunga, son:

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

$$E_{CO}^{Ecarni} = \frac{5 \frac{lb}{1000gal} * 64994 gal/año}{2204000} = 0.1474 ton CO /año$$

Tabla N°53 Emisiones de CO Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Diesel 2 – Latacunga

No.	Empresa	Consumo de Diesel 2, gal/año	Factor de Emisión de CO para Diesel 2, lb/1000 gal	Emisión de CO, ton/año
1	Ecarni S. A. (Don Diego)	65800	5	0.15
2	Cedal Corporación Ecuatoriana de Aluminio	649602	5	1.47
3	Lubricadora Condorcana	1200	5	0.003
4	Familia Sancela	516892	5	1.17
5	Curtilán	9000	5	0.02

No.	Empresa	Consumo de Diesel 2, gal/año	Factor de Emisión de CO para Diesel 2, lb/1000 gal	Emisión de CO, ton/año
6	Consortios NCL pavimentos PADKO	172000	5	0.39
7	Escuela Politécnica del Ejército ESPE	10500	5	0.02
8	Nintangá S. A.	118000	5	0.27
9	Novacero	591919	5	1.34
10	Parmalat	6000	5	0.01
11	Sociedad Agropecuaria Callo	6000	5	0.01
12	AudiCar	240	5	0.001
13	Technirose Cía Ltda	360	5	0.001
14	Agrícola San Fulgencio	338.7	5	0.001
15	Agrícola El Rosario	450	5	0.001
16	Provefrut S. A.	108000	5	0.25
17	Cárnicos El Corral	34560	5	0.08
18	Verdillano Cía Ltda	720	5	0.002
19	Estiplast Cía Ltda	2920	5	0.01
20	Corporación La Libertad	4000	5	0.01
21	Huevos Naturales Ecuador	4160	5	0.01
22	Aglomerados Cotopaxi	624687	5	1.42
23	Seconi Cía Ltda	300	5	0.001
24	Megaroses Cía Ltda	1500	5	0.003
25	Rosely Flowers	480	5	0.001
26	Mecánica Service Truck	120	5	0.0003
27	Mecánica Automotriz Centro	50	5	0.0001
28	Mecánica Diesel	120	5	0.0003
29	Prodalec (Lácteos)	9000	5	0.02
30	Florícola La Rosaleda	480	5	0.001
31	Sierraflor Cía Ltda	6240	5	0.01
32	Lubricadora Americana	360	5	0.001
33	Talleres Mogro	100	5	0.0002
34	Sanbel Flowers Cía Ltda	156	5	0.0004

No.	Empresa	Consumo de Diesel 2, gal/año	Factor de Emisión de CO para Diesel 2, lb/1000 gal	Emisión de CO, ton/año
35	Hospital Provincial General de Latacunga	23000	5	0.05
36	Cereales la Pradera Jose Sima	1200	5	0.003
37	Sindicato de choferes profesionales de cotopaxi	260	5	0.001
38	Fideos Ripalda	12000	5	0.03
39	Aserradero Paredes	960	5	0.002
40	Pambaflor	39672	5	0.09
41	Fuente San Felipe S. A.	14000	5	0.03
42	Molinos Ploutier	94000	5	0.21
43	Embutidos La Madrileña	9036	5	0.02
44	Liberlac	440	5	0.001
45	Rose Succes Cía Ltda	100	5	0.0002
46	Flores de Decoración	306	5	0.001
47	Carnidem Cía Ltda	9924	5	0.02
48	Solinec	9600	5	0.02
TOTAL				7.17

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.2.2.3 Emisiones de SO₂ en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen Diesel 2 en el cantón Latacunga

Tras los cálculos respectivos se obtiene que las emisiones de SO₂ que surgieron a partir de las fuentes fijas que consumen Diesel 2 como fuente de combustible, en el cantón Latacunga, son:

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

$$E_{SO_2}^{Ecarni} = \frac{63.9 \frac{lb}{1000gal} * 64994 gal/año}{2204000} = 1.8844 ton SO_2 /año$$

Tabla N° 54 Emisiones de SO₂ Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Diesel 2 – Latacunga

No.	Empresa	Consumo de Diesel 2, gal/año	Factor de Emisión de SO ₂ para Diesel 2, lb/1000 gal	Emisión de SO ₂ , ton/año
1	Ecarni S. A. (Don Diego)	65800	63.9	1.91
2	Cedal Corporación Ecuatoriana de Aluminio	240	63.9	0.01
3	Lubricadora Condorcana	1200	63.9	0.03
4	Familia Sancela	516892	63.9	14.99
5	Curtilán	9000	63.9	0.26
6	Consortios NCL pavimentos PADKO	172000	63.9	4.99
7	Escuela Politécnica del Ejército ESPE	10500	63.9	0.30
8	Nintangá S. A.	118000	63.9	3.42
9	Novacero	591919	63.9	17.16
10	Parmalat	6000	63.9	0.17
11	Sociedad Agropecuaria Callo	6000	63.9	0.17
12	AudiCar	240	63.9	0.01
13	Technirose Cía Ltda	360	63.9	0.01
14	Agrícola San Fulgencio	338,7	63.9	0.01

No.	Empresa	Consumo de Diesel 2, gal/año	Factor de Emisión de SO2 para Diesel 2, lb/1000 gal	Emisión de SO2, ton/año
15	Agrícola El Rosario	450	63.9	0.01
16	Provefrut S. A.	108000	63.9	3.13
17	Cárnicos El Corral	34560	63.9	1.00
18	Verdillano Cía Ltda	720	63.9	0.02
19	Estiplast Cía Ltda	2920	63.9	0.08
20	Corporación La Libertad	4000	63.9	0.12
21	Huevos Naturales Ecuador	4160	63.9	0.12
22	Aglomerados Cotopaxi	624687	63.9	18.11
23	Seconi Cía Ltda	300	63.9	0.01
24	Megaroses Cía Ltda	1500	63.9	0.04
25	Rosely Flowers	480	63.9	0.01
26	Mecánica Service Truck	120	63.9	0.004
27	Mecánica Automotriz Centro	50	63.9	0.001
28	Mecánica Diesel	120	63.9	0.004
29	Prodalec (Lácteos)	9000	63.9	0.26
30	Florícola La Rosaleda	480	63.9	0.01
31	Sierraflor Cía Ltda	6240	63.9	0.18
32	Lubricadora Americana	360	63.9	0.01
33	Talleres Mogro	100	63.9	0.003
34	Sanbel Flowers Cía Ltda	156	63.9	0.005
35	Hospital Provincial General de Latacunga	23000	63.9	0.67
36	Cereales la Pradera Jose Sima	1200	63.9	0.03
37	Sindicato de choferes profesionales de cotopaxi	260	63.9	0.01
38	Fideos Ripalda	12000	63.9	0.35
39	Aserradero Paredes	960	63.9	0.03
40	Pambaflor	39672	63.9	1.15
41	Fuente San Felipe S.	14000	63.9	0.41

No.	Empresa	Consumo de Diesel 2, gal/año	Factor de Emisión de SO2 para Diesel 2, lb/1000 gal	Emisión de SO2, ton/año
	A.			
42	Molinos Ploutier	94000	63.9	2.73
43	Embutidos La Madrileña	9036	63.9	0.26
44	Liberlac	440	63.9	0.01
45	Rose Succes Cía Ltda	100	63.9	0.003
46	Flores de Decoración	306	63.9	0.01
47	Carnidem Cía Ltda	9924	63.9	0.29
48	Solinec	9600	63.9	0.28
TOTAL				72.81

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.2.2.4 Emisiones de PM10 en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen Diesel 2 en el cantón Latacunga

Tras los cálculos respectivos se obtiene que las emisiones de PM10 que surgieron a partir de las fuentes fijas que consumen Diesel 2 como fuente de combustible, en el cantón Latacunga, son:

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

$$E_{PM10}^{Ecarni} = \frac{2.3 \frac{lb}{1000gal} * 64994 gal/año}{2204000} = 0.0678 ton PM10 /año$$

Tabla N° 55 Emisiones de PM10 Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Diesel 2 – Latacunga

No.	Empresa	Consumo de Diesel 2, gal/año	Factor de Emisión de PM10 para Diesel 2, lb/1000 gal	Emisión de PM10, ton/año
1	Ecarri S. A. (Don Diego)	65800	2.3	0.07
2	Cedal Corporación Ecuatoriana de Aluminio	6000	2.3	0.01
3	Lubricadora Condorcana	1200	2.3	0.001
4	Familia Sancela	516892	2.3	0.54
5	Curtilán	9000	2.3	0.01
6	Consortios NCL pavimentos PADKO	172000	2.3	0.18
7	Escuela Politécnica del Ejército ESPE	10500	2.3	0.01
8	Nintangá S. A.	118000	2.3	0.12
9	Novacero	591919	2.3	0.62
10	Parmalat	6000	2.3	0.01
11	Sociedad Agropecuaria Callo	6000	2.3	0.01
12	AudiCar	240	2.3	0.0003
13	Technirose Cía Ltda	360	2.3	0.0004
14	Agrícola San Fulgencio	338,7	2.3	0.0004
15	Agrícola El Rosario	450	2.3	0.0005
16	Provefrut S. A.	108000	2.3	0.11
17	Cárnicos El Corral	34560	2.3	0.04
18	Verdillano Cía Ltda	720	2.3	0.001
19	Estiplast Cía Ltda	2920	2.3	0.003
20	Corporación La Libertad	4000	2.3	0.004
21	Huevos Naturales Ecuador	4160	2.3	0.004

No.	Empresa	Consumo de Diesel 2, gal/año	Factor de Emisión de PM10 para Diesel 2, lb/1000 gal	Emisión de PM10, ton/año
22	Aglomerados Cotopaxi	624687	2.3	0.65
23	Seconi Cía Ltda	300	2.3	0.0003
24	Megaroses Cía Ltda	1500	2.3	0.002
25	Rosely Flowers	480	2.3	0.001
26	Mecánica Service Truck	120	2.3	0.0001
27	Mecánica Automotriz Centro	50	2.3	0.0001
28	Mecánica Diesel	120	2.3	0.0001
29	Prodalec (Lácteos)	9000	2.3	0.01
30	Florícola La Rosaleda	480	2.3	0.001
31	Sierraflor Cía Ltda	6240	2.3	0.01
32	Lubricadora Americana	360	2.3	0.0004
33	Talleres Mogro	100	2.3	0.0001
34	Sanbel Flowers Cía Ltda	156	2.3	0.0002
35	Hospital Provincial General de Latacunga	23000	2.3	0.02
36	Cereales la Pradera Jose Sima	1200	2.3	0.001
37	Sindicato de choferes profesionales de cotopaxi	260	2.3	0.0003
38	Fideos Ripalda	12000	2.3	0.01
39	Aserradero Paredes	960	2.3	0.001
40	Pambaflor	39672	2.3	0.04
41	Fuente San Felipe S. A.	14000	2.3	0.01
42	Molinos Ploutier	94000	2.3	0.10
43	Embutidos La Madrileña	9036	2.3	0.01
44	Liberlac	440	2.3	0.001
45	Rose Succes Cía Ltda	100	2.3	0.0001
46	Flores de Decoración	306	2.3	0.0003
47	Carnidem Cía Ltda	9924	2.3	0.01

No.	Empresa	Consumo de Diesel 2, gal/año	Factor de Emisión de PM10 para Diesel 2, lb/1000 gal	Emisión de PM10, ton/año
48	Solinec	9600	2.3	0.01
TOTAL				2.63

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.2.2.5 Emisiones de PM2.5 en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen Diesel 2 en el cantón Latacunga

Tras los cálculos respectivos se obtiene que las emisiones de PM2.5 que surgieron a partir de las fuentes fijas que consumen Diesel 2 como fuente de combustible, en el cantón Latacunga, son:

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

$$E_{PM2.5}^{Ecarni} = \frac{1.55 \frac{lb}{1000gal} * 64994 gal/año}{2204000} = 0.0457 ton PM2.5 /año$$

Tabla N° 56 Emisiones de PM2.5 Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Diesel 2 Latacunga

No.	Empresa	Consumo de Diesel 2, gal/año	Factor de Emisión de PM2,5 para Diesel 2, lb/1000 gal	Emisión de PM2,5, ton/año
1	Ecarni S. A. (Don Diego)	65800	1.55	0,05

No.	Empresa	Consumo de Diesel 2, gal/año	Factor de Emisión de PM2,5 para Diesel 2, lb/1000 gal	Emisión de PM2,5, ton/año
2	Cedal Corporación Ecuatoriana de Aluminio	6000	1.55	0,004
3	Lubricadora Condorcana	1200	1.55	0,001
4	Familia Sancela	516892	1.55	0,36
5	Curtilán	9000	1.55	0.01
6	Consortios NCL pavimentos PADKO	172000	1.55	0.12
7	Escuela Politécnica del Ejército ESPE	10500	1.55	0.01
8	Nintangá S. A.	118000	1.55	0.08
9	Novacero	591919	1.55	0.42
10	Parmalat	6000	1.55	0.004
11	Sociedad Agropecuaria Callo	6000	1.55	0.004
12	AudiCar	240	1.55	0.0002
13	Technirose Cía Ltda	360	1.55	0.0003
14	Agrícola San Fulgencio	338.7	1.55	0.0002
15	Agrícola El Rosario	450	1.55	0.0003
16	Provefrut S. A.	108000	1.55	0.08
17	Cárnicos El Corral	34560	1.55	0.02
18	Verdillano Cía Ltda	720	1.55	0.001
19	Estiplast Cía Ltda	2920	1.55	0.002
20	Corporación La Libertad	4000	1.55	0.003
21	Huevos Naturales Ecuador	4160	1.55	0.003
22	Aglomerados Cotopaxi	624687	1.55	0.44
23	Seconi Cía Ltda	300	1.55	0.0002
24	Megaroses Cía Ltda	1500	1.55	0.001
25	Rosely Flowers	480	1.55	0.0003
26	Mecánica Service Truck	120	1.55	0.0001
27	Mecánica Automotriz	50	1.55	0.00

No.	Empresa	Consumo de Diesel 2, gal/año	Factor de Emisión de PM2,5 para Diesel 2, lb/1000 gal	Emisión de PM2,5, ton/año
	Centro			
28	Mecánica Diesel	120	1.55	0.0001
29	Prodalec (Lácteos)	9000	1.55	0.01
30	Florícola La Rosaleda	480	1.55	0.0003
31	Sierraflor Cía Ltda	6240	1.55	0.004
32	Lubricadora Americana	360	1.55	0.0003
33	Talleres Mogro	100	1.55	0.0001
34	Sanbel Flowers Cía Ltda	156	1.55	0.0001
35	Hospital Provincial General de Latacunga	23000	1.55	0.02
36	Cereales la Pradera Jose Sima	1200	1.55	0.001
37	Sindicato de choferes profesionales de cotopaxi	260	1.55	0.0002
38	Fideos Ripalda	12000	1.55	0.01
39	Aserradero Paredes	960	1.55	0.001
40	Pambaflor	39672	1.55	0.03
41	Fuente San Felipe S. A.	14000	1.55	0.01
42	Molinos Ploutier	94000	1.55	0.07
43	Embutidos La Madrileña	9036	1.55	0.01
44	Liberlac	440	1.55	0.0003
45	Rose Succes Cía Ltda	100	1.55	0.0001
46	Flores de Decoración	306	1.55	0.0002
47	Carnidem Cía Ltda	9924	1.55	0.01
48	Solinec	9600	1.55	0.01
TOTAL				1.77

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.2.2.6 Emisión total de contaminantes en el año 2010, por combustión de Diesel 2 en el cantón Latacunga

El resumen de la emisión de contaminantes en el año 2010, a partir de las fuentes fijas, que dan lugar a la combustión de Diesel 2, para el alcance de sus objetivos productivos, es:

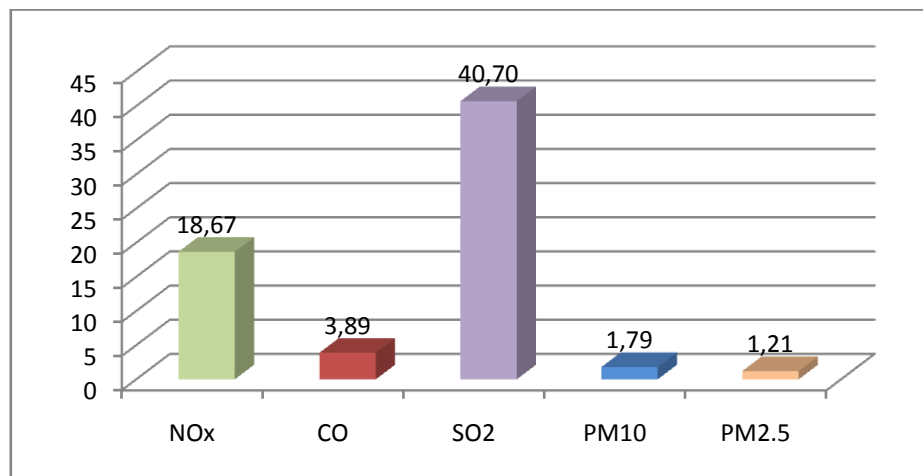
Tabla N° 57 Emisión de contaminantes Año 2010 a partir de fuentes fijas, por combustión de Diesel 2, Latacunga

Contaminante	Emisión 2010, ton/año
NOx	34.42
CO	7.17
SO2	72.81
PM10	2.63
PM2,5	1.77

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

Gráfico N° 20 Emisión de contaminantes Año 2010 a partir de Fuente Fijas, por combustión de Diesel 2, Latacunga



Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.2.3 Emisiones de Contaminantes por consumo de Gasolina

Continuando con la visita técnica que se pudo realizar, se pudo constatar y obtener el dato de aquellas industrias que utilizan Gasolina como combustible, para alcanzar sus objetivos de producción, que junto con el factor de emisión brindan el dato de la emisión de los contaminantes considerados en el estudio.

Factor de emisión

Los factores de emisión seleccionados para la combustión de Gasolina en las industrias, provienen de los factores de emisión AP-42 de la US-EPA (2004).

**Tabla N° 58 Factores de emisión por la combustión de Gasolina (g/GJ)
(US-EPA, 2004)**

(Internal combustion engine, gasoline, reciprocating, uncontrolled)

Contaminante	Factor de emisión
NO _x	680.2
CO	26212.73
SO ₂	4.1
PM ₁₀	41.81
PM _{2,5}	41.81

Elaborado por: Los Autores

Fuente: US-EPA, 2004

Modelo de Emisiones

Las emisiones anuales de contaminantes a partir del consumo de Gasolina, se calculan mediante la ecuación:

$$E_j^i = \frac{FE_j * ConGas}{1000000}$$

Donde:

Los parámetros:

- i es el centro industrial o comercial / institucional
- j es el contaminante

El término:

- E_j^i emisión anual del contaminante j producido por el centro i ($t a^{-1}$)

Los datos:

- FE_j factor de emisión del contaminante j (g/GJ)
- ConDie consumo de Gasolina ($GJ a^{-1}$)

El consumo de gasolina en la investigación está dado en galones, por tanto, es necesario transformar las unidades, de la siguiente manera:

$$14000 \frac{gal}{año} * 3.785 \frac{L}{gal} * \frac{m^3}{1000L} * 0.75 \frac{ton}{m^3} * \frac{1000kg}{1ton}$$

$$39742.5 \frac{kg}{año} * 10500 \frac{1000cal}{kg} * \frac{4.186 J}{1 cal} * \frac{1 GJ}{10^9 J} = 1746.8 GJ/año$$

Donde:

- 1 galón tiene 3.785 L (litros)
- 1 metro cúbico tiene 1000 L
- La densidad de referencia de la gasolina es de 0.75 ton/m³
- 1 tonelada tiene 1000 kg
- La gasolina tiene un poder calorífico inferior de referencia de 10500 kcal/kg, y el múltiplo kilo (k), equivale a 1000, entonces son 1000 cal
- 1 caloría equivale a 4.186 J (joules)
- Y por último, en los múltiplos el GJ equivale a 10⁹ J

Los datos del poder calorífico inferior y la densidad de referencia, fueron tomados de la Guía Metodológica de Conversión de Unidades, de la Comisión Europea, validada por la OLADE (Organización Latinoamericana de Energía), 2008

4.7.2.3.1 Emisiones de NOx en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen Gasolina en el cantón Latacunga

Tras los cálculos respectivos se obtiene que las emisiones de NOx que surgieron en el año 2010, a partir de las fuentes fijas que consumen Gasolina como fuente de combustible, en el cantón Latacunga, son:

$$E_j^i = \frac{FE_j * ConGas}{1000000}$$

$$E_{NOx}^{Familia} = \frac{680.2 \left(\frac{g}{GJ}\right) * 1746.8 GJ/año}{1000000} = 1.1882 ton NOx/año$$

Tabla N° 59 Emisiones de NOx Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Gasolina Latacunga

No.	Empresa	Consumo de Gasolina, gal/año	Consumo de Gasolina, GJ/año	Factor de Emisión de NOx para Gasolina, g/GJ	Emisión de NOx, ton/año
1	Familia Sancela	14000	1746.80	680.2	1.19
2	Rosas del Prado Prarosas	1008	125.77	680.2	0.09
3	Technirose Cía Ltda	1800	224.59	680.2	0.15
4	Agrícola San Fulgencio	1524,42	190.20	680.2	0.13
5	Agrícola El Rosario	971	121.15	680.2	0.08
6	Naranja Roses Ecuador	360	44.92	680.2	0.03
7	Provefrut S. A.	7200	898.36	680.2	0.61
8	Verdillano Cía Ltda	720	89.84	680.2	0.06
9	Efandina S. A.	1968	245.55	680.2	0.17
10	Aglomerados Cotopaxi	44906,21	5603.02	680.2	3.81
11	Seconi Cía Ltda	600	74.86	680.2	0.05
12	Megaroses Cía Ltda	408	50.91	680.2	0.03
13	Rosely Flowers	480	59.89	680.2	0.04
14	Mecánica Automotriz Centro	120	14.97	680.2	0.01
15	Mecánica Diesel	160	19.96	680.2	0.01

No.	Empresa	Consumo de Gasolina, gal/año	Consumo de Gasolina, GJ/año	Factor de Emisión de NOx para Gasolina, g/GJ	Emisión de NOx, ton/año
16	Servicio Eléctrico Oswaldo Molina	123	15.35	680.2	0.01
17	Florícola La Rosaleda	160	19.96	680.2	0.01
18	Sierraflor Cía Ltda	12480	1557.15	680.2	1.06
19	Talleres Mogro	100	12.48	680.2	0.01
20	Sanbel Flowers Cía Ltda	156	19.46	680.2	0.01
21	Pambaflor	300	37.43	680.2	0.03
22	Flores de Decoración	902	112.54	680.2	0.08
23	Carnidem CIA LTDA	2088	260.52	680.2	0.18
TOTAL					7.85

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.2.3.2 Emisiones de CO en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen Gasolina en el cantón Latacunga

Tras los cálculos respectivos se obtiene que las emisiones de CO que surgieron en el año 2010, a partir de las fuentes fijas que consumen Gasolina como fuente de combustible, en el cantón Latacunga, son:

$$E_j^i = \frac{FE_j * ConGas}{1000000}$$

$$E_{CO}^{Familia} = \frac{26212.73 \left(\frac{g}{GJ}\right) * 1746.8 \text{ GJ/año}}{1000000} = 45.7885 \text{ ton CO/año}$$

Tabla N° 60 Emisiones de CO Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Gasolina – Latacunga

No.	Empresa	Consumo de Gasolina, gal/año	Consumo de Gasolina, GJ/año	Factor de Emisión de CO para Gasolina, g/GJ	Emisión de CO, ton/año
1	Familia Sancela	14000	1746.80	26212.73	45.79
2	Rosas del Prado Prarosas	1008	125.77	26212.73	3.30
3	Technirose Cía Ltda	1800	224.59	26212.73	5.89
4	Agrícola San Fulgencio	1524,42	190.20	26212.73	4.99
5	Agrícola El Rosario	971	121.15	26212.73	3.18
6	Naranja Roses Ecuador	360	44.92	26212.73	1.18
7	Provefrut S. A.	7200	898.36	26212.73	23.55
8	Verdillano Cía Ltda	720	89.84	26212.73	2.35
9	Efandina S. A.	1968	245.55	26212.73	6.44
10	Aglomerados Cotopaxi	44906,21	5603.02	26212.73	146.87
11	Seconi Cía Ltda	600	74.86	26212.73	1.96
12	Megaroses Cía Ltda	408	50.91	26212.73	1.33
13	Rosely Flowers	480	59.89	26212.73	1.57
14	Mecánica Automotriz Centro	120	14.97	26212.73	0.39
15	Mecánica Diesel	160	19.96	26212.73	0.52

No.	Empresa	Consumo de Gasolina, gal/año	Consumo de Gasolina, GJ/año	Factor de Emisión de CO para Gasolina, g/GJ	Emisión de CO, ton/año
16	Servicio Eléctrico Oswaldo Molina	123	15.35	26212.73	0.40
17	Florícola La Rosaleda	160	19.96	26212.73	0.52
18	Sierraflor Cía Ltda	12480	1557.15	26212.73	40.82
19	Talleres Mogro	100	12.48	26212.73	0.33
20	Sanbel Flowers Cía Ltda	156	19.46	26212.73	0.51
21	Pambaflor	300	37.43	26212.73	0.98
22	Flores de Decoración	902	112.54	26212.73	2.95
23	Carnidem CIA LTDA	2088	260.52	26212.73	6.83
TOTAL					302.64

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.2.3.3 Emisiones de SO₂ en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen Gasolina en el cantón Latacunga

Tras los cálculos respectivos se obtiene que las emisiones de SO₂ que surgieron en el año 2010, a partir de las fuentes fijas que consumen Gasolina como fuente de combustible, en el cantón Latacunga, son:

$$E_j^i = \frac{FE_j * ConGas}{1000000}$$

$$E_{SO_2}^{Familia} = \frac{4.1 \left(\frac{g}{GJ}\right) * 1746.8 \text{ GJ/año}}{1000000} = 0.0072 \text{ ton SO}_2/\text{año}$$

Tabla N° 61 Emisiones de SO₂ Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Gasolina – Latacunga

No.	Empresa	Consumo de Gasolina, gal/año	Consumo de Gasolina, GJ/año	Factor de Emisión de SO₂ para Gasolina, g/GJ	Emisión de SO₂, ton/año
1	Familia Sancela	14000	1746.80	4.1	0.01
2	Rosas del Prado Prarosas	1008	125.77	4.1	0.001
3	Technirose Cía Ltda	1800	224.59	4.1	0.001
4	Agrícola San Fulgencio	1524,42	190.20	4.1	0.001
5	Agrícola El Rosario	971	121.15	4.1	0.001
6	Naranja Roses Ecuador	360	44.92	4.1	0.0002
7	Provefrut S. A.	7200	898.36	4.1	0.004
8	Verdillano Cía Ltda	720	89.84	4.1	0.0004
9	Efandina S. A.	1968	245.55	4.1	0,001
10	Aglomerados Cotopaxi	44906.21	5603.02	4.1	0,02
11	Seconi Cía Ltda	600	74.86	4.1	0.0003
12	Megaroses Cía Ltda	408	50.91	4.1	0.0002
13	Rosely Flowers	480	59.89	4.1	0.0002
14	Mecánica Automotriz Centro	120	14.97	4.1	0.0001
15	Mecánica Diesel	160	19.96	4.1	0.0001
16	Servicio Eléctrico Oswaldo Molin	123	15.35	4.1	0.0001
17	Florícola La Rosaleda	160	19.96	4.1	0.0001
18	Sierraflor Cía Ltda	12480	1557.15	4.1	0.01
19	Talleres Mogro	100	12.48	4.1	0.0001
20	Sanbel Flowers Cía	156	19.46	4.1	0.0001

No.	Empresa	Consumo de Gasolina, gal/año	Consumo de Gasolina, GJ/año	Factor de Emisión de SO2 para Gasolina, g/GJ	Emisión de SO2, ton/año
	Ltda				
21	Pambaflor	300	37.43	4.1	0.0002
22	Flores de Decoración	902	112.54	4.1	0.001
23	Carnidem CIA LTDA	2088	260.52	4.1	0.001
TOTAL					0.05

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.2.3.4 Emisiones de PM10 y PM2.5 en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen Gasolina en el cantón Latacunga

Tras los cálculos respectivos se obtiene que las emisiones de PM10 y 2.5 que surgieron en el año 2010, a partir de las fuentes fijas que consumen Gasolina como fuente de combustible, en el cantón Latacunga, son:

$$E_j^i = \frac{FE_j * ConGas}{1000000}$$

$$E_{PM10 \text{ y } 2.5}^{Familia} = \frac{41.81 \left(\frac{g}{GJ}\right) * 1746.8 \text{ GJ/año}}{1000000} = 0.073 \text{ ton PM10y2.5/año}$$

**Tabla N° 62 Emisiones de PM10 Año 2010 a partir de fuentes fijas por
combustión de Gasolina – Latacunga**

No.	Empresa	Consumo de Gasolina, gal/año	Consumo de Gasolina, GJ/año	Factor de Emisión de PM 10 para Gasolina, g/GJ	Emisión de PM 10 , ton/año
1	Familia Sancela	14000	1746.80	41.81	0.07
2	Rosas del Prado Prarosas	1008	125.77	41.81	0.01
3	Technirose Cía Ltda	1800	224.59	41.81	0.01
4	Agrícola San Fulgencio	1524,42	190.20	41.81	0.01
5	Agrícola El Rosario	971	121.15	41.81	0.01
6	Naranjo Roses Ecuador	360	44.92	41.81	0.002
7	Provefrut S. A.	7200	898.36	41.81	0.04
8	Verdillano Cía Ltda	720	89.84	41.81	0.004
9	Efandina S. A.	1968	245.55	41.81	0.01
10	Aglomerados Cotopaxi	44906,21	5603.02	41.81	0.23
11	Seconi Cía Ltda	600	74.86	41.81	0.003
12	Megaroses Cía Ltda	408	50.91	41.81	0.002
13	Rosely Flowers	480	59.89	41.81	0.003
14	Mecánica Automotriz Centro	120	14.97	41.81	0.001
15	Mecánica Diesel	160	19.96	41.81	0.001
16	Servicio Eléctrico Oswaldo Molina	123	15.35	41.81	0.001
17	Florícola La Rosaleda	160	19.96	41.81	0.001
18	Sierraflor Cía Ltda	12480	1557.15	41.81	0.07

No.	Empresa	Consumo de Gasolina, gal/año	Consumo de Gasolina, GJ/año	Factor de Emisión de PM 10 para Gasolina, g/GJ	Emisión de PM 10, ton/año
19	Talleres Mogro	100	12.48	41.81	0.001
20	Sanbel Flowers Cía Ltda	156	19.46	41.81	0.001
21	Pambaflor	300	37.43	41.81	0.002
22	Flores de Decoración	902	112.54	41.81	0.005
23	Carnidem CIA LTDA	2088	260.52	41.81	0.01
TOTAL					0.48

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

Tabla N° 63 Emisiones de PM 2.5 Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Gasolina – Latacunga

No.	Empresa	Consumo de Gasolina, gal/año	Consumo de Gasolina, GJ/año	Factor de Emisión de PM 10 para Gasolina, g/GJ	Emisión de PM 10, ton/año
1	Familia Sancela	14000	1746.80	41.81	0.07
2	Rosas del Prado Prarosas	1008	125.77	41.81	0.01
3	Technirose Cía Ltda	1800	224.59	41.81	0.01
4	Agrícola San Fulgencio	1524,42	190.20	41.81	0.01
5	Agrícola El Rosario	971	121.15	41.81	0.01
6	Naranjo Roses Ecuador	360	44.92	41.81	0.002
7	Provefrut S. A.	7200	898.36	41.81	0.04

No.	Empresa	Consumo de Gasolina, gal/año	Consumo de Gasolina, GJ/año	Factor de Emisión de PM 10 para Gasolina, g/GJ	Emisión de PM 10, ton/año
8	Verdillano Cía Ltda	720	89.84	41.81	0.004
9	Efandina S. A.	1968	245.55	41.81	0.01
10	Aglomerados Cotopaxi	44906,21	5603.02	41.81	0.23
11	Seconi Cía Ltda	600	74.86	41.81	0.003
12	Megaroses Cía Ltda	408	50.91	41.81	0.002
13	Rosely Flowers	480	59.89	41.81	0.003
14	Mecánica Automotriz Centro	120	14.97	41.81	0.001
15	Mecánica Diesel	160	19.96	41.81	0.001
16	Servicio Eléctrico Oswaldo Molina	123	15.35	41.81	0.001
17	Florícola La Rosaleda	160	19.96	41.81	0.001
18	Sierraflor Cía Ltda	12480	1557.15	41.81	0.07
19	Talleres Mogro	100	12.48	41.81	0.001
20	Sanbel Flowers Cía Ltda	156	19.46	41.81	0.001
21	Pambaflor	300	37.43	41.81	0.002
22	Flores de Decoración	902	112.54	41.81	0.005
23	Carnidem CIA LTDA	2088	260.52	41.81	0.01
TOTAL					0.48

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.2.3.5 Emisión Total de Contaminantes en el año 2010, por combustión de Gasolina en el cantón Latacunga

El resumen de la emisión de contaminantes en el año 2010, a partir de las fuentes fijas, que dan lugar a la combustión de Gasolina, para el alcance de sus objetivos productivos, es:

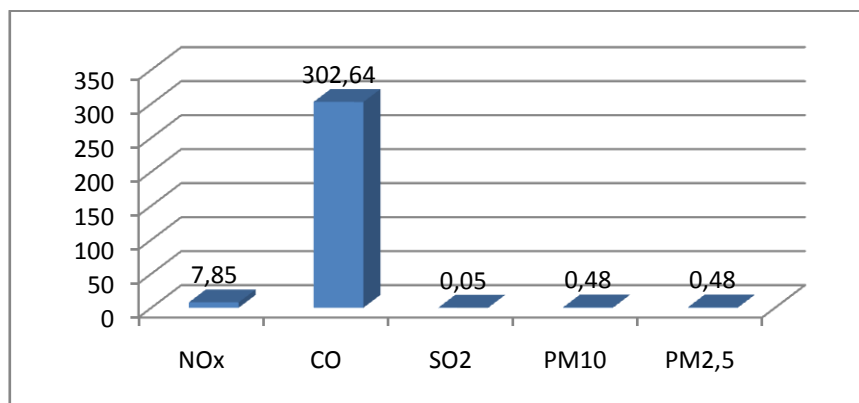
Tabla N° 64 Emisión de contaminantes Año 2010 a partir de Fuente Fijas, por combustión de Gasolina, Latacunga

Contaminante	Emisión 2010, ton/año
NOx	7.85
CO	302.64
SO2	0.05
PM10	0.48
PM2,5	0.48

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

Gráfico N° 21 Emisión de contaminantes Año 2010 a partir de Fuente Fijas, por combustión de Gasolina, Latacunga



Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.2.4 Emisiones de Contaminantes por consumo de Bunker

En la visita técnica también se pudo constatar y obtener el dato de aquellas industrias que utilizan Búnker como combustible, para alcanzar sus objetivos de producción, que junto con el factor de emisión brinda el dato de la emisión de los contaminantes considerados en el estudio.

Factor de emisión

Los factores de emisión seleccionados para la combustión de Búnker en las industrias, provienen de los factores de emisión AP-42 de la US-EPA (2004).

**Tabla N° 65 Factores de emisión por la combustión de Gasolina (g/GJ)
(US-EPA, 2004)**

(External combustion boilers, industrial, residual oil, grade 6)

Contaminante	Factor de emisión
NO _x	147.89
CO	15.73
SO ₂	839.8
PM ₁₀	56.01
PM _{2,5}	38.14

Elaborado por: Romero A. –
Vaca P.

Fuente: US-EPA, 2004

Modelo de Emisiones

Las emisiones anuales de contaminantes a partir del consumo de Bunker, se calculan mediante la ecuación:

$$E_j^i = \frac{FE_j * ConBun}{1000000}$$

Donde:

Los parámetros:

- i es el centro industrial o comercial / institucional
- j es el contaminante

El término:

- E_j^i emisión anual del contaminante j producido por el centro i ($t a^{-1}$)

Los datos:

- FE_j factor de emisión del contaminante j (g/GJ)

- ConBun consumo de Búnker ($GJ a^{-1}$)

El consumo de Búnker en la investigación está dada en galones, por tanto, es necesario transformar las unidades, de la siguiente manera:

$$1258574 \frac{gal}{año} * 3.785 \frac{L}{gal} * \frac{m^3}{1000L} * 0.94 \frac{ton}{m^3} * \frac{1000kg}{1ton}$$

$$39742.5 \frac{kg}{año} * 9800 \frac{1000cal}{kg} * \frac{4.186 J}{1 cal} * \frac{1 GJ}{10^9 J} = 27.1667 GJ/año$$

Donde:

- 1 galón tiene 3.785 L (litros)
- 1 metro cúbico tiene 1000 L
- La densidad de referencia del búnker (fuel oil 6) es de 0.75 ton/m³
- 1 tonelada tiene 1000 kg
- La gasolina tiene un poder calorífico inferior de referencia de 9800 kcal/kg, y el múltiplo kilo (k), equivale a 1000, entonces son 1000 cal
- 1 caloría equivale a 4.186 J (jouls)
- Y por último, en los múltiplos el GJ equivale a 10⁹ J

Los datos del poder calorífico inferior y la densidad de referencia, fueron tomados de la Guía Metodológica de Conversión de Unidades, de la Comisión Europea, validada por la OLADE (Organización Latinoamericana de Energía), 2008

4.7.2.4.1 Emisiones de NO_x en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen Búnker en el cantón Latacunga

Tras los cálculos respectivos se obtiene que las emisiones de NO_x que surgieron en el año 2010, a partir de las fuentes fijas que consumen Búnker como fuente de combustible, en el cantón Latacunga, son:

$$E_j^i = \frac{FE_j * ConBun}{1000000}$$

$$E_{NOx}^{Familia} = \frac{147.89 \left(\frac{g}{GJ}\right) * 1258574 GJ/año}{1000000} = 27.1667 ton NOx/año$$

Tabla N° 66 Emisiones de NOx Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Búnker – Latacunga

No.	Empresa	Consumo de Búnker, gal/año	Consumo de Búnker, GJ/año	Factor de Emisión de NOx para Búnker, g/GJ	Emisión de NOx, ton/año
1	Familia Sancela	1258574	183695.19	147.89	27.17
2	Poverfrut	438000	63928.30	147.89	9.45
3	Holcim	703090	102619.52	147.89	15.18
TOTAL					51.80

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.2.4.2 Emisiones de CO en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen Búnker en el cantón Latacunga

Tras los cálculos respectivos se obtiene que las emisiones de CO que surgieron en el año 2010, a partir de las fuentes fijas que consumen Búnker como fuente de combustible, en el cantón Latacunga, son:

$$E_j^i = \frac{FE_j * ConBun}{1000000}$$

$$E_{CO}^{Familia} = \frac{15.73 \left(\frac{g}{GJ}\right) * 1258574 \text{ GJ/año}}{1000000} = 27.1667 \text{ ton CO/año}$$

Tabla N° 67 Emisiones de CO Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Búnker – Latacunga

No.	Empresa	Consumo de Búnker, gal/año	Consumo de Búnker, GJ/año	Factor de Emisión de CO para Búnker, g/GJ	Emisión de CO, ton/año
1	Familia Sancela	1258574	183695.19	15.73	2.89
2	Poverfrut	438000	63928.30	15.73	1.01
3	Holcim	703090	102619.52	15.73	1.61
TOTAL					5.51

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.2.4.3 Emisiones de SO₂ en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen Búnker en el cantón Latacunga

Tras los cálculos respectivos se obtiene que las emisiones de SO₂ que surgieron en el año 2010, a partir de las fuentes fijas que consumen Búnker como fuente de combustible, en el cantón Latacunga, son:

$$E_j^i = \frac{FE_j * ConBun}{1000000}$$

$$E_{SO_2}^{Familia} = \frac{839.8 \left(\frac{g}{GJ}\right) * 1258574 \text{ GJ/año}}{1000000} = 27.1667 \text{ ton SO}_2/\text{año}$$

Tabla N° 68 Emisiones de SO₂ Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Búnker – Latacunga

No.	Empresa	Consumo de Búnker, gal/año	Consumo de Búnker, GJ/año	Factor de Emisión de SO ₂ para Búnker, g/GJ	Emisión de SO ₂ , ton/año
1	Familia Sancela	1258574	183695.19	839.80	154.27
2	Poverfrut	438000	63928.30	839.80	53.69
3	Holcim	703090	102619.52	839.80	86.18
TOTAL					294.13

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Visita Técnica a las Industrias, Latacunga 2011

4.7.2.4.4 Emisiones de PM₁₀ en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen Búnker en el cantón Latacunga

Tras los cálculos respectivos se obtiene que las emisiones de PM₁₀ que surgieron en el año 2010, a partir de las fuentes fijas que consumen Búnker como fuente de combustible, en el cantón Latacunga, son:

$$E_j^i = \frac{FE_j * ConBun}{1000000}$$

$$E_{PM10}^{Familia} = \frac{56.01 \left(\frac{g}{GJ}\right) * 1258574 \text{ GJ/año}}{1000000} = 10.2888 \text{ ton PM10/año}$$

Tabla N° 69 Emisiones de PM₁₀ Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Búnker – Latacunga

No.	Empresa	Consumo de Búnker, gal/año	Consumo de Búnker, GJ/año	Factor de Emisión de PM10 para Búnker, g/GJ	Emisión de PM10, ton/año
1	Familia Sancela	1258574	183695.19	56.01	10.29
2	Poverfrut	438000	63928.30	56.01	3.58
3	Holcim	703090	102619.52	56.01	5.75
TOTAL					19.62

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.2.4.5 Emisiones de PM_{2.5} en el año 2010 a partir de las fuentes fijas que consumen Búnker en el cantón Latacunga

Tras los cálculos respectivos se obtiene que las emisiones de PM_{2.5} que surgieron en el año 2010, a partir de las fuentes fijas que consumen Búnker como fuente de combustible, en el cantón Latacunga, son:

$$E_j^i = \frac{FE_j * ConBun}{1000000}$$

$$E_{PM2.5}^{Familia} = \frac{38.14 \left(\frac{g}{GJ}\right) * 1258574 \text{ GJ/año}}{1000000} = 7.0061 \text{ ton PM2.5/año}$$

Tabla N° 70 Emisiones de PM_{2.5} Año 2010 a partir de fuentes fijas por combustión de Búnker – Latacunga

No.	Empresa	Consumo de Búnker, gal/año	Consumo de Búnker, GJ/año	Factor de Emisión de PM _{2,5} para Búnker, g/GJ	Emisión de PM _{2,5} , ton/año
1	Familia Sancela	1258574	183695.19	38.14	7.01
2	Poverfrut	438000	63928.30	38.14	2.44
3	Holcim	703090	102619.52	38.14	3.91
TOTAL					13.36

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.2.4.6 Emisión Total de Contaminantes en el año 2010, por combustión de Búnker en el cantón Latacunga

El resumen de la emisión de contaminantes en el año 2010, a partir de las fuentes fijas, que dan lugar a la combustión de Búnker, para el alcance de sus objetivos productivos, es:

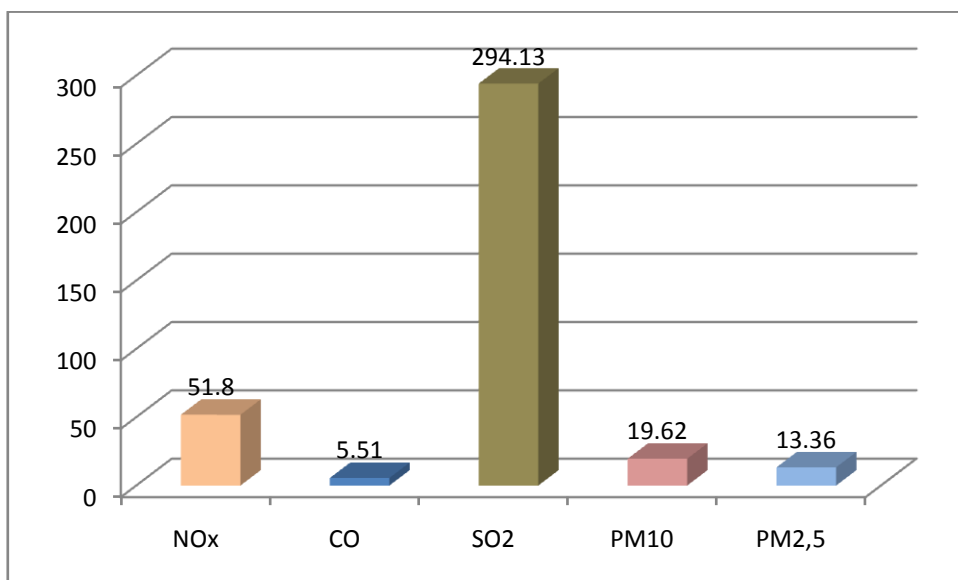
Tabla N° 71 Emisión de contaminantes Año 2010 a partir de Fuente Fijas, por combustión de Búnker, Latacunga

Contaminante	Emisión 2010, ton/año
NOx	51.80
CO	5.51
SO2	294.13
PM10	19.62
PM2,5	13.36

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

Gráfico N° 22 Emisión de contaminantes Año 2010 a partir de Fuente Fijas, por combustión de Búnker, Latacunga



Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.2.5 Emisión total de contaminantes atmosféricos de fuentes fijas por consumo de combustible

Se tiene que, las emisiones totales de las fuentes fijas, considerando el consumo de combustible en las industrias, son:

Tabla N° 72 Emisión Total de contaminantes atmosféricos Año 2010 a partir de Fuente Fijas, por consumo de combustible, Latacunga

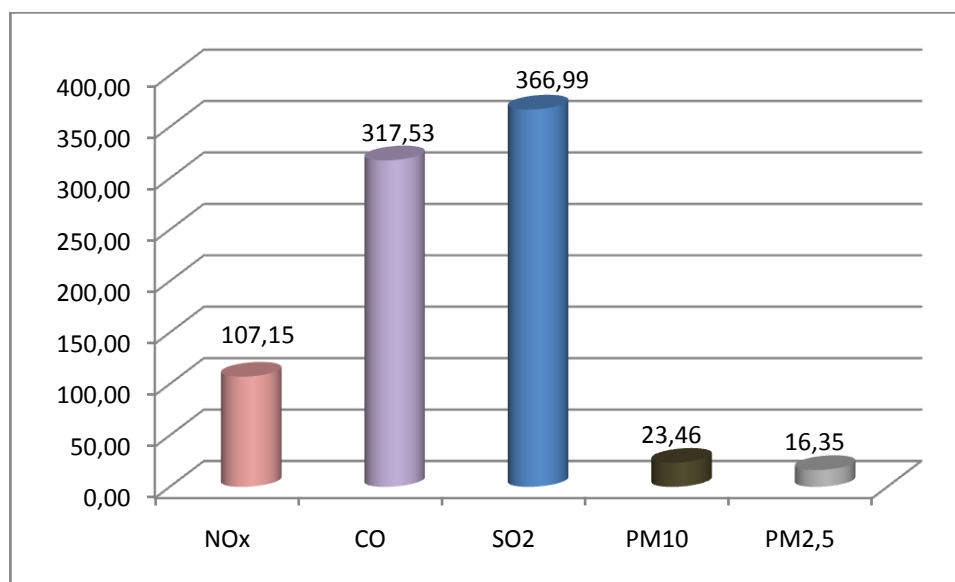
Contaminante	Emisión 2010, ton/año
NOx	107,15

Contaminante	Emisión 2010, ton/año
CO	317,53
SO2	366,99
PM10	23,46
PM2,5	16,35

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

Gráfico N° 23 Emisión Total de contaminantes atmosféricos Año 2010 a partir de Fuente Fijas, por consumo de combustible, Latacunga



Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.2.6 Emisión de contaminantes atmosféricos de fuentes fijas por proceso productivo

Dentro del inventario, hay otra serie de emisiones que deben ser consideradas, siendo estas las provenientes de las industrias que por

producción significativa, en su proceso productivo emiten contaminantes atmosféricos, en el caso de Latacunga, se han considerado cinco industrias principales, sabiendo que existen otras que de igual forma generan enormes cantidades de producto pero debido a que emiten contaminantes que no están considerados dentro del presente estudio, se han descartado.

Tabla Nº 73 Industrias consideradas para emisiones atmosféricas por proceso productivo

No.	Empresa	Producción, ton/año
1	Cedal	6572
2	Familia Sancela	21000
3	Aglomerados Cotopaxi	62154.7
4	Holcim	85000
5	Novacero	60200

Elaborado por: Romero A. – Vaca P.

Fuente: Levantamiento de información, Visita técnica a las industrias, Latacunga, 2011

Modelo de emisión para fuentes fijas por proceso productivo

En todos los casos se recurre a la fórmula:

$$E_j^i = P * FE * (1 - e)$$

Donde,

E_j^i Es la emisión total del contaminante i, en la empresa j, en ton/año

P Es la producción anual de la empresa, en unidades de masa/año

FE Es el factor de emisión apropiado para el proceso productivo de la empresa, en unidades de masa/masa

e Es la eficiencia de control, en caso de existir algún medio de control de la emisión, en estos casos se asumirá que están incontrolados, siendo por tanto este factor, 0 cero, de donde $1 - 0 = 1$

4.7.2.6.1 Aglomerados Cotopaxi

Factores de emisión

Tabla N° 74 Factores de emisión para Procesos Madereros no Tratados

Emission Factors for Wood Process Untreated

Emission Factor and Inventory Group (EFIG), AP42 – EPA 2004

Contaminante	Factor de emisión, lb/ton
NOx	No aplica
CO	11.2
SO ₂	7.2
PM ₁₀	3.7
PM _{2.5}	3.1

Elaborado por: Romero A. – Vaca P.

Fuente: Emission Factor and Inventory Group (EFIG), AP42 – EPA 2004

Cálculo

$$E_{Aglo\ Cot}^{CO} = \frac{62154.70 \frac{ton}{año} * 11 lb/año}{2200} = 310.77 \frac{ton}{año} de CO$$

Tabla N° 75 Resumen de Emisiones Atmosféricas por Proceso de Aglomerados Cotopaxi

AGLOMERADOS COTOPAXI				
No.	Contaminante	Producción Aglomerados Cotopaxi ton/año	Factor de Emisión, lb/ton	Emisión Total, ton/año
1	NOx	62154,70	No aplica	
2	CO	62154,70	11.2	316,42
3	SO2	62154,70	7.2	203,42
4	PM10	62154,70	3.7	104,53
5	PM2.5	62154,70	3.1	87,58

Elaborado por: Romero A. – Vaca P.

Fuente: Visita Técnica a las Industrias, Latacunga 2011 - Metodología de cálculo por Factores de Emisión

4.7.2.6.2 HOLCIM

Tabla N° 76 Factores de emisión para Producción de Cemento AP-42 de la EPA, Portland Cement Manufacturing, January 1995

Contaminante	Factor de emisión, lb/ton
NOx	2.1
CO	1.8
SO ₂	0.54
PM ₁₀	0.425
PM _{2.5}	0.32

Elaborado por: Romero A. – Vaca P.

Fuente: AP-42 de la EPA , Portland Cement Manufacturing, January 1995

**Tabla N° 77 Resumen de Emisiones Atmosféricas por Proceso de
HOLCIM**

HOLCIM				
No.	Contaminante	Producción Holcim ton/año	Factor de Emisión, kg/ton	Emisión Total, ton/año
1	NOx	85000	2.1	178.50
2	CO	85000	1.8	153.00
3	SO2	85000	0.54	45.90
4	PM10	85000	0.425	36.13
5	PM2.5	85000	0.32	27.20

Elaborado por: Los Autores

Fuente: Visita Técnica a las Industrias, Latacunga 2011 - Metodología de cálculo por Factores de Emisión

4.7.2.6.3 NOVACERO

Tabla N° 78 Factores de emisión para Producción de Acero

AP-42 de la EPA, Iron And Steel Production, October 1986.

Contaminante	Factor de emisión, lb/ton
NOx	No aplica
CO	69
SO ₂	No aplica
PM ₁₀	23.7
PM _{2.5}	15.8

Elaborado por: Romero A. – Vaca P.

Fuente: AP-42 de la EPA, Iron And Steel Production, October 1986.

Tabla N° 79 Resumen de Emisiones Atmosféricas por Proceso de Novacero

NOVACERO				
No.	Contaminante	Producción Novacero ton/año	Factor de Emisión, kg/ton	Emisión Total, ton/año
1	NOx	60200	No aplica	
2	CO	60200	69	4153.80
3	SO2	60200	No aplica	
4	PM10	60200	23.7	1426.74
5	PM2.5	60200	15.8	951.16

Elaborado por: Los Autores

Fuente: Visita Técnica a las Industrias, Latacunga 2011 - Metodología de cálculo por Factores de Emisión

4.7.2.6.4 CEDAL

Tabla N° 80 Factores de emisión para Producción de Aluminio
AP-42 de la EPA, Secondary Aluminum Operations, October 1986.

Contaminante	Factor de emisión, lb/ton
NOx	2.15
CO	135
SO ₂	14.2
PM ₁₀	23.7
PM _{2.5}	15.8

Elaborado por: Romero A. – Vaca P.

Fuente: AP-42 de la EPA, Secondary Aluminum Operations, October 1986.

Tabla Nº 81 Resumen de Emisiones Atmosféricas por Proceso de CEDAL

CEDAL				
No.	Contaminante	Producción CEDAL ton/año	Factor de Emisión, kg/ton	Emisión Total, ton/año
1	NOx	6572	2.15	14.13
2	CO	6572	135	887.22
3	SO2	6572	14.2	93.32
4	PM10	6572	1.29	8.48
5	PM2.5	6572	1.08	7.10

Elaborado por: Los Autores

Fuente: Visita Técnica a las Industrias, Latacunga 2011 - Metodología de cálculo por factores de Emisión

4.7.2.6.5 Familia Sancela

Tabla Nº 82 Factores de emisión para Producción de Papel

Contaminante	Factor de emisión, lb/ton
NOx	1.5
CO	5.6
SO ₂	7
PM ₁₀	No aplica
PM _{2.5}	No aplica

Elaborado por: Romero A. – Vaca P.

Fuente: US-EPA, 1995, Paper Production

Tabla Nº 83 Resumen de Emisiones Atmosféricas por Proceso de Familia Sancela

FAMILIA SANCELA				
No.	Contaminante	Producción Familia ton/año	Factor de Emisión, kg/ton	Emisión Total, ton/año
1	NOx	21000	1.5	31.50
2	CO	21000	5.6	117.60
3	SO2	21000	7	147.00
4	PM10	21000	No aplica	
5	PM2.5	21000	No aplica	

Elaborado por: Romero A. – Vaca P.

Fuente: Visita Técnica a las Industrias, Latacunga 2011 - Metodología de cálculo por Factores de Emisión

4.7.2.6.6 Emisiones Totales de Fuentes Fijas por Producción

Se tiene que las emisiones totales de las fuentes fijas, por proceso productivo, son:

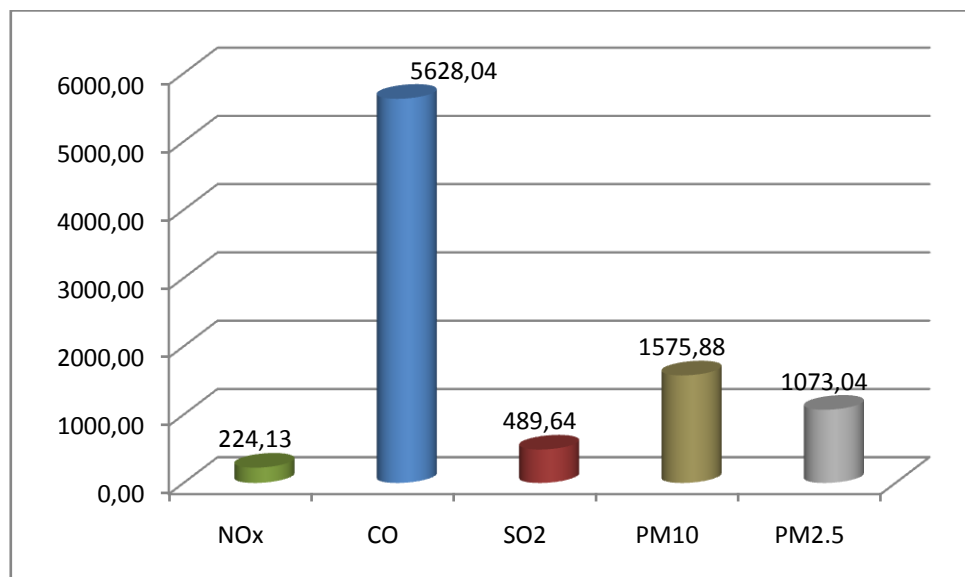
Tabla Nº 84 Emisión Total de Contaminantes Año 2010 a partir de fuentes fijas por Proceso Productivo, Latacunga

Contaminante	Emisión total, ton/año
NOx	224.13
CO	5628.04
SO2	489.64
PM10	1575.88
PM2.5	1073.04

Elaborado por: Romero A. - Vaca P.

Fuente: Visita Técnica a las Industrias, Latacunga 2011 - Metodología de cálculo por Factores de Emisión

Gráfico Nº 24 Emisión Total de Contaminantes Año 2010 a partir de fuentes fijas por Proceso Productivo, Latacunga



Elaborado por: Romero A. – Vaca P.

Fuente: Visita Técnica a las Industrias, Latacunga 2011 – Metodología de cálculo por Factores de Emisión

4.7.2.7 Emisión total de contaminantes en al año 2010 a partir de fuentes fijas por consumo de combustible y por producción

El resumen de la emisión de contaminantes en el año 2010, a partir de las fuentes fijas, es:

Tabla Nº 85 Emisiones Totales de contaminantes Año 2010 a partir de Fuente Fijas, Latacunga

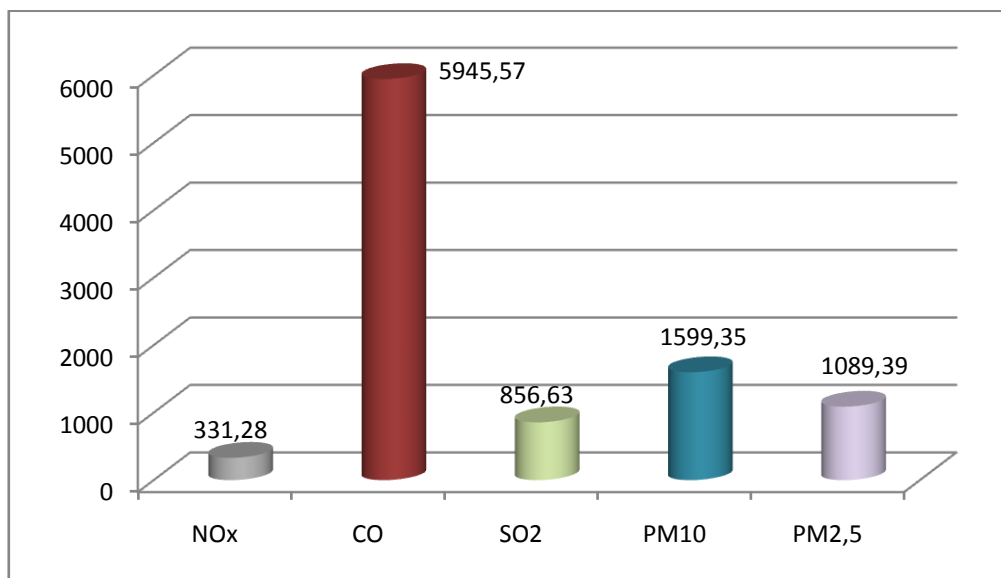
Contaminante	Emisión 2010, ton/año
NOx	331.28
CO	5945.57
SO2	856.63

Contaminante	Emisión 2010, ton/año
PM10	1599.35
PM2,5	1089.39

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

Gráfico Nº 25 Emisiones Totales de contaminantes Año 2010 a partir de Fuente Fijas, Latacunga



Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.3 Emisiones de contaminantes fuentes de área

4.7.3.1 Consumo de leña

En la visita técnica también se pudo verificar la existencia de 5 ladrilleras principales que pudieron conferir la cantidad de leña, que utilizan como combustible, para alcanzar sus objetivos de producción, que junto con el

factor de emisión brinda el dato de la emisión de los contaminantes considerados en el estudio.

Factor de emisión

Los factores de emisión seleccionados para la combustión de Leña en las ladrilleras, provienen de la US EPA (2004) y de la EEA (2007). Para la transformación de unidades, se considera una densidad del 600 kg m^{-3} y un poder calorífico de $4\,500 \text{ Btu lb}^{-1}$.

Tabla Nº 86 Factores de emisión por la combustión de Leña (kg/m^3) (US-EPA, 2004

Stationary source fuel combustion, residential, wood, fireplaces general, uncontrolled) (EEA, 2007; Small combustion installation, default emission factors for fireplaces, wood)

Contaminante	Factor de emisión
NO _x	0.78
CO	37.7
SO ₂	0.06
PM ₁₀	5.4
PM _{2,5}	5.34

Elaborado por: Romero A., Vaca P.
Fuente: US-EPA, 2004; EEA, 2007

Modelo de Emisiones

Las emisiones anuales de contaminantes a partir del consumo de leña, se calculan mediante la ecuación:

$$E_j^i = \frac{FE_j * ConLeña}{1000}$$

Donde:

Los parámetros:

i es el centro industrial o comercial / institucional
 j es el contaminante

El término:

E_j^i emisión anual del contaminante j producido por el centro i ($t a^{-1}$)

Los datos:

FE_j factor de emisión del contaminante j (kg/m^3)

ConLeña consumo de Leña ($m^3 a^{-1}$)

4.7.3.2 Emisiones de NOx en el año 2010 a partir de fuentes de área que consumen Leña en el cantón Latacunga

Tras los cálculos respectivos se obtiene que las emisiones de NOx que surgieron en el año 2010, a partir de las fuentes fijas que consumen Leña como fuente de combustible, en el cantón Latacunga, son:

$$E_j^i = \frac{FE_j * ConLeña}{1000}$$

$$E_{NOx}^{Merceditas} = \frac{0.78 \left(\frac{kg}{m^3} \right) * 120 m^3/año}{1000} = 0.0936 ton NOx/año$$

**Tabla N° 87 Emisiones de NOx Año 2010 por combustión de Leña –
Latacunga**

No.	Empresa	Consumo de leña, m3/año	Factor de Emisión de NOx para leña, kg/m3	Emisión de NOx, ton/año
1	Ladrillera La Merceditas	120	0.78	0.09
2	Ladrillera Romero - Paraguay	110	0.78	0.09
3	Ladrillera Romero - Paraguay	110	0.78	0.09
4	Ladrillera Caiza	90	0.78	0.07
5	Ladrillera Pichucho	100	0.78	0.08
TOTAL				0.41

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.3.3 Emisiones de CO en el año 2010 a partir de fuentes área que consumen Leña en el cantón Latacunga

Tras los cálculos respectivos se obtiene que las emisiones de CO que surgieron en el año 2010, a partir de las fuentes fijas que consumen Leña como fuente de combustible, en el cantón Latacunga, son:

$$E_j^i = \frac{FE_j * ConLeña}{1000}$$

$$E_{CO}^{Merceditas} = \frac{37.7 \left(\frac{kg}{m^3}\right) * 120 m^3/año}{1000} = 4.5240 ton CO/año$$

**Tabla Nº 88 Emisiones de CO Año 2010 por combustión de Leña –
Latacunga**

No.	Empresa	Consumo de leña, m3/año	Factor de Emisión de CO para leña, kg/m3	Emisión de CO, ton/año
1	Ladrillera La Merceditas	120	37.7	4.52
2	Ladrillera Romero - Paguay	110	37.7	4.15
3	Ladrillera Romero - Paguay	110	37.7	4.15
4	Ladrillera Caiza	90	37.7	3.39
5	Ladrillera Pichucho	100	37.7	3.77
TOTAL				19.98

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.3.4 Emisiones de SO₂ en el año 2010 a partir de fuentes de área que consumen Leña en el cantón Latacunga

Tras los cálculos respectivos se obtiene que las emisiones de SO₂ que surgieron en el año 2010, a partir de las fuentes fijas que consumen Leña como fuente de combustible, en el cantón Latacunga, son:

$$E_j^i = \frac{FE_j * ConLeña}{1000}$$

$$E_{SO_2}^{Merceditas} = \frac{0.06 \left(\frac{kg}{m^3}\right) * 120 m^3/año}{1000} = 0.0072 ton SO_2/año$$

**Tabla N° 89 Emisiones de SO₂ Año 2010 por combustión de Leña –
Latacunga**

No.	Empresa	Consumo de leña, m3/año	Factor de Emisión de SO₂ para leña, kg/m3	Emisión de SO₂, ton/año
1	Ladrillera La Merceditas	120	0.06	0.007
2	Ladrillera Romero - Paraguay	110	0.06	0.007
3	Ladrillera Romero - Paraguay	110	0.06	0.007
4	Ladrillera Caiza	90	0.06	0.005
5	Ladrillera Pichucho	100	0.06	0.006
TOTAL				0,032

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.3.5 Emisiones de PM₁₀ en el año 2010 a partir de fuentes de área que consumen Leña en el cantón Latacunga

Tras los cálculos respectivos se obtiene que las emisiones de PM₁₀ que surgieron en el año 2010, a partir de las fuentes fijas que consumen Leña como fuente de combustible, en el cantón Latacunga, son:

$$E_j^i = \frac{FE_j * ConLeña}{1000}$$

$$E_{PM10}^{Merceditas} = \frac{5.4 \left(\frac{kg}{m^3} \right) * 120 m^3/año}{1000} = 0.6480 \text{ ton } PM10/año$$

Tabla N° 90 Emisiones de PM₁₀ Año 2010 por combustión de Leña – Latacunga

No.	Empresa	Consumo de leña, m ³ /año	Factor de Emisión de PM ₁₀ para leña, kg/m ³	Emisión de PM ₁₀ , ton/año
1	Ladrillera La Merceditas	120	5.4	0.65
2	Ladrillera Romero - Paguay	110	5.4	0.59
3	Ladrillera Romero - Paguay	110	5.4	0.59
4	Ladrillera Caiza	90	5.4	0.49
5	Ladrillera Pichucho	100	5.4	0.54
TOTAL				2.86

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.3.6 Emisiones de PM_{2.5} en el año 2010 a partir de fuentes de área que consumen Leña en el cantón Latacunga

Tras los cálculos respectivos se obtiene que las emisiones de PM_{2.5} que surgieron en el año 2010, a partir de las fuentes fijas que consumen Leña como fuente de combustible, en el cantón Latacunga, son:

$$E_j^i = \frac{FE_j * ConLeña}{1000}$$

$$E_{PM2.5}^{Merceditas} = \frac{5.34 \left(\frac{kg}{m^3} \right) * 120 m^3/año}{1000} = 0.6408 \text{ ton } PM2.5/año$$

Tabla N° 91 Emisiones de PM_{2.5} Año 2010 por combustión de Leña – Latacunga

No.	Empresa	Consumo de leña, m3/año	Factor de Emisión de PM _{2,5} para leña, kg/m3	Emisión de PM _{2,5} , ton/año
1	Ladrillera La Merceditas	120	5.34	0.64
2	Ladrillera Romero - Paraguay	110	5.34	0.59
3	Ladrillera Romero - Paraguay	110	5.34	0.59
4	Ladrillera Caiza	90	5.34	0.48
5	Ladrillera Pichucho	100	5.34	0.53
TOTAL				2.83

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.3.7 Emisiones de PM₁₀ en el año 2010 a partir de las fuente de área (Holcim) que extrae la puzolana de la cantera en el cantón Latacunga

Tras los cálculos respectivos se obtiene que las emisiones de PM₁₀ que surgieron en el año 2010, a partir de la extracción de materia prima para el cemento, en el cantón Latacunga, es:

- Holcim, extrajo 292993 toneladas de materia prima en el año 2010.

- El factor de emisión para PM10, debido a la explotación en canteras de materiales de construcción (US-EPA, 2004), (Industrial processes, mineral products, construction sand and gravel, uncontrolled), es 0.15 kg/ton
- El modelo de emisión es:

$$E_j^i = \frac{FE_j * Ext}{1000}$$

Donde:

Los parámetros:

i es el centro industrial o comercial / institucional
 j es el contaminante

El término:

E_j^i emisión anual del contaminante j producido por el centro i ($t a^{-1}$)

Los datos:

FE_j factor de emisión del contaminante j (kg/ton)
 Ext Nivel de extracción de materia prima ($ton a^{-1}$)

$$E_{PM10}^{Holcim} = \frac{0.15 \left(\frac{kg}{ton} \right) * 292993 ton/año}{1000} = 43.95 ton PM10/año$$

Tabla N° 92 Emisiones de PM₁₀ Año 2010 por extracción de materia prima en canteras – Latacunga

No.	Empresa	Extracción, ton/año	Factor de Emisión de PM10 para Extracción, kg/ton	Emisión de PM10, ton/año
1	Holcim	292993	0.15	43.95

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.3.8 Emisión Total de Contaminantes en el año 2010, fuentes de área

El resumen de la emisión de contaminantes en el año 2010, a partir de las fuentes de área que comprende las ladrilleras y cantera de Holcim son las siguientes

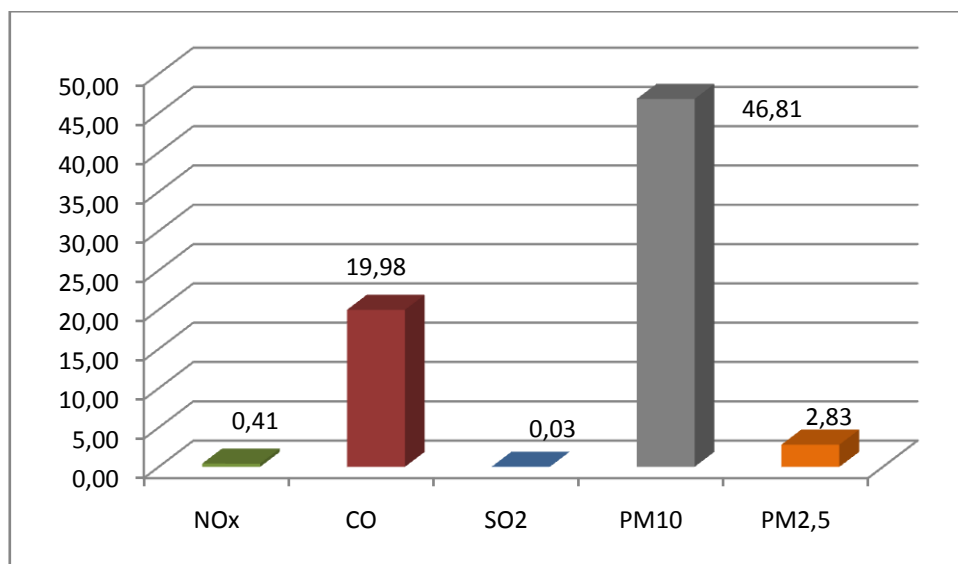
Tabla N° 93 Emisión de contaminantes Año 2010 a partir de Fuente de área, Latacunga

Contaminante	Emisión 2010, ton/año
NOx	0.41
CO	19.98
SO2	0.03
PM10	46.81
PM2,5	2.83

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

Gráfico N° 26 Emisión de contaminantes Año 2010 a partir de Fuentes de área, Latacunga



Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

4.7.4 Emisiones totales de los contaminantes de fuentes móviles, fijas y de área

En la siguiente tabla se muestra el resumen total de emisiones de contaminantes por fuentes móviles, fijas y de área en el año 2010

Tabla N° 94 Total de emisiones de fuentes móviles, fijas y de área Latacunga Año 2010; Toneladas por año

Tipo de Fuente	NOx	CO	PM10	PM 2.5	SO2
Fuentes Móviles	2603.46	9427.19	131.90	109.85	153.72
Fuentes Fijas	331.28	5945.57	1599.35	1089.39	856.63
Fuentes de Área	0.41	19.98	46.81	2.83	0.03
Total	2935.15	15392.74	1778.06	1202.07	1010.38

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

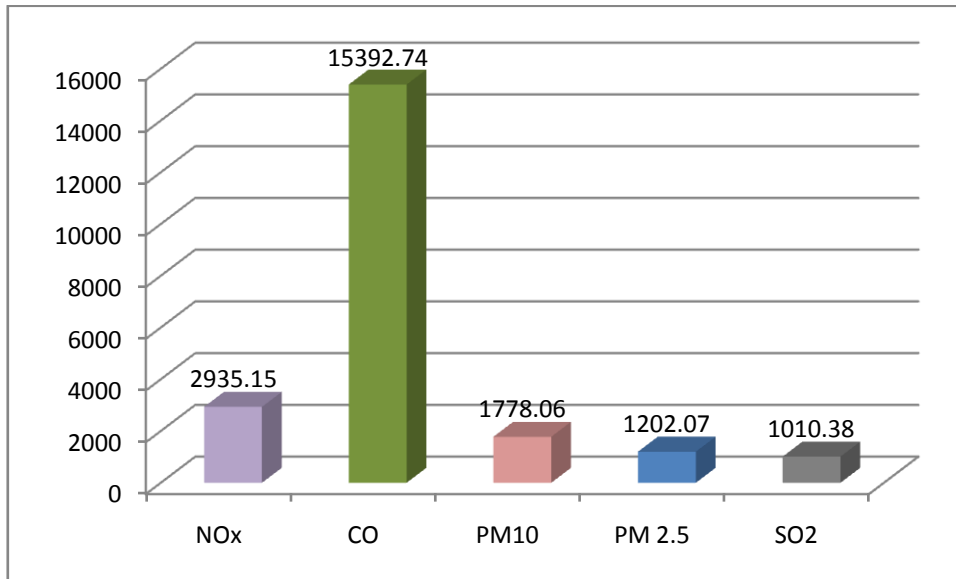
**Tabla N° 95 Total de emisiones de fuentes móviles, fijas y de área
Latacunga Año 2010; Porcentaje**

Tipo de Fuente	NOx	CO	PM10	PM 2.5	SO2
Fuentes Móviles	88.70	61.24	7.42	9.14	15.21
Fuentes Fijas	11.29	38.63	89.95	90.63	84.78
Fuentes de Área	0.01	0.13	2.63	0.24	0.01
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

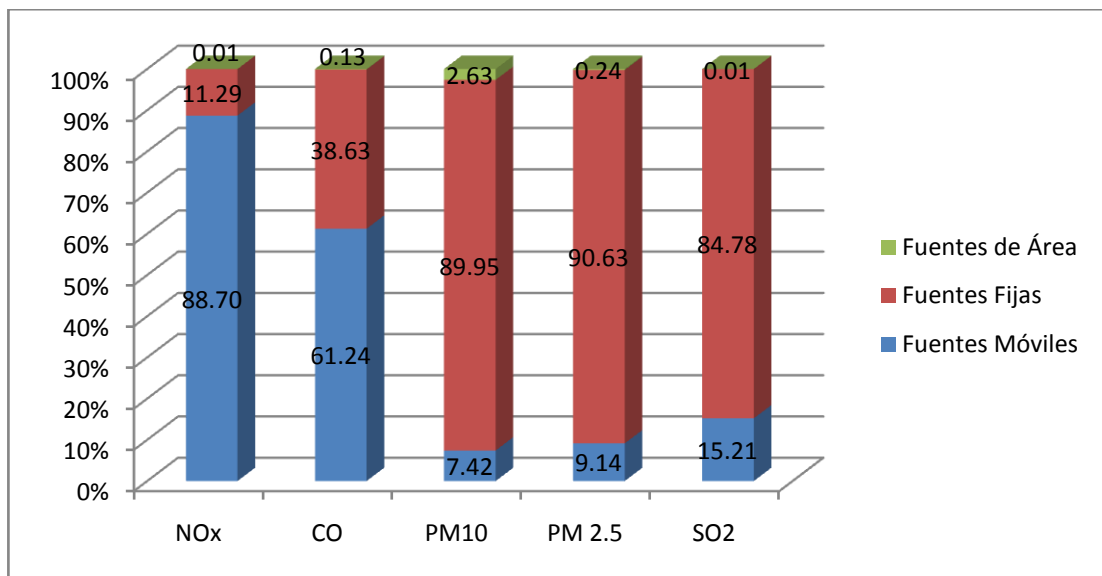
**Gráfico N° 27 Total de emisiones de fuentes móviles, fijas y de área
Latacunga Año 2010**



Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

Gráfico N° 28 Porcentaje de emisiones de fuentes móviles, fijas y de área



Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Metodología de Calculo Factores de Emisión EPA

El total de emisiones de Óxidos de Nitrógeno suman un total de 2935.15 toneladas al año, de las cuales el 88.70 % representa las emisiones de las fuentes móviles, el 11.29% a las fuentes fijas y el 0.01% de las fuentes de área.

Las emisiones de CO asciende a 15392.74 toneladas al año, el 61.24% del total corresponde a las fuentes móviles, el 38.63% a las fuentes fijas y el 0.13% a las fuentes de área.

El material particulado PM₁₀, suma un total de 1778.06 toneladas en el año, de las cuales el 7.42% se les atribuye a las fuentes móviles y el 89.95% a las fuentes fijas y el 2.63% a las fuentes de área.

El material particulado $PM_{2.5}$, suma un total de 1202.07 toneladas al año, el 9.14% se le atribuye a las fuentes móviles, el 90.63% a las fuente fijas y el 0.24% de las fuentes de área.

Las emisiones de SO_2 , suman un total de 1010.38 toneladas al año, de las cuales el 15.21% corresponde a las fuentes móviles, el 84.78% a las fuentes fijas y el 0.01% a las fuentes de área.

La tabla resumen del inventario se encuentra en el anexo 5.

4.8 EVALUACIÓN DE LA INCERTIDUMBRE

4.8.1 Método de evaluación de la incertidumbre

Cualquier inventario de emisiones presenta niveles de incertidumbre, en razón de la potencial falta de representatividad de los modelos de emisiones, de los factores de emisión, de la información de los niveles de actividad emisora, entre otros aspectos.

Por lo que es importante incluir una evaluación de la incertidumbre. En combinación con los valores estimados de las emisiones, esta evaluación servirá principalmente para priorizar a futuro aquellas fuentes con emisiones importantes y con niveles altos de incertidumbre.

Para los datos obtenidos en el inventario de emisiones de Latacunga es complicado realizar un método cuantitativo. Alternativamente, se presenta para cada fuente de emisión una evaluación cualitativa. Se aplica un sistema de calificación de los factores de emisión y de los niveles de actividad, empleando un enfoque similar al utilizado en el inventario de emisiones de Quito (CORPAIRE, 2006). Este sistema se basa en el enfoque del Data Attribute Ratings System (DARS) (USEPA, 2004), y utiliza una calificación

alfabética y colorimétrica de los niveles, proporcionando una calificación compuesta, según las combinaciones de la Tabla

Tabla Nº 96 Matriz de calificación de la incertidumbre del inventario de emisiones Latacunga 2010

Actividad	Factor de emisión				
	A	B	C	D	E
A	A	A	B	C	C
B	A	B	B	C	D
C	B	B	C	C	D
D	C	C	C	D	D
E	C	D	D	D	E

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Inventario de emisiones atmosféricas del cantón Cuenca 2007

La calificación global se interpreta de la siguiente manera:

Categoría A, calidad muy alta; La estimación es bastante fiable.

Categoría B, calidad alta; La estimación es fiable, pero se pueden tomar acciones para disminuir su incertidumbre.

Categoría C, calidad media; La estimación es medianamente fiable y se podría mejorar, en función del nivel de las emisiones del sector calificado y su peso en relación al valor total del inventario de emisiones.

Categoría D, calidad baja; La estimación es poco fiable y se recomienda mejorarla, en función del nivel de las emisiones del sector calificado y su peso en relación al total del inventario de emisiones

Categoría E, calidad muy baja. La estimación es muy poco fiable y se recomienda mejorarla, en función del nivel de las emisiones del sector

calificado y su peso en relación al total del inventario de emisiones. La estimación no ha sido corroborada con mediciones. Si no más bien resulta de estimación o experticia de personas entendidas en el tema con el fin de justificar la ausencia de información.

4.8.2 Incertidumbre fuentes móviles

Para evaluar la incertidumbre del inventario de la ciudad de Latacunga se debe tomar en cuenta la calidad de información de las fuentes móviles y los factores de emisión utilizados, según corresponda su calificación:

Tabla N° 97 Calidad de la información de las fuentes móviles

	Componente	Número de Vehículos	Distancia Recorrida	Calificación
Vehículos a Gasolina	Automóviles	El número de vehículos matriculados en el año 2010 fue proporcionado por la Agencia Nacional de Transito de la ciudad de Latacunga, además de contar con el respaldo de las estadísticas de transporte 2009 del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC)	La tabla de recorrido fue ajustado moderadamente para que se a proporcional con la venta de combustible de las estaciones de servicio de la ciudad de Latacunga	B
	Taxis			B
	Jeeps			B
	Camionetas/ Furgonetas			B
	Camiones		Pese a realizar el mismo procedimiento con los camiones y motocicletas el recorrido de estos vehículos poseen menor certidumbre	C
	Motocicletas		C	
Vehículos a Diesel	Automóviles	El número de vehículos matriculados en el año 2010 fue proporcionado por la Agencia Nacional de Transito de la ciudad de Latacunga, además de contar	Los datos de recorrido para vehículos a diesel es mas impreciso debido principalmente al número escaso de vehículos	C
	Buses		Los datos de promedio recorrido, para buses son corregidos pero son más precisos que los demás vehículos	B

	Componente	Número de Vehículos	Distancia Recorrida	Calificación
	Jeeps	con el respaldo de las estadísticas de transporte 2009 del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC)	Los datos de recorrido para vehículos a diesel es mas impreciso debido principalmente al número escaso de vehículos	C
	Camionetas / Furgonetas			C
	Camiones / Tanqueros / Volqueteros		Se asume que los recorridos de los vehículos pesados se conocen con mayor	D
	Tráiler		Incertidumbre en comparación a los buses y algunos vehículos a gasolina. Por la dificultad de obtener información	D

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Data Attribute Ratings System (DARS) (USEPA, 2004)

Tabla N° 98 Calidad de los factores de emisión de las fuentes móviles

	Componente	Factores de Emisión	Calificación
Vehículo	Automóviles	Los factores utilizados son deducidos con modelos de emisiones para una zona con altitud similar y con un parque aceptablemente parecido al de Latacunga, es una falencia bastante notoria el no contar con factores de	C
	Taxis		C

	Componente	Factores de Emisión	Calificación
	Jeeps	emisión propios. Por lo que los factores que se empleo presentan un grado de certidumbre moderado, pero acrecentándose para motocicletas	C
	Camionetas/ Furgonetas		C
	Camiones		C
	Motocicletas		D
Vehículos a Diesel	Automóviles	Al igual que para los vehículos a gasolina, los factores empleados para calcular las emisiones de los vehículos a diesel poseen el mismo grado de certidumbre.	C
	Buses		D
	Jeeps	Para los vehículos pesados el factor de emisión empleado es más deficiente	C
	Camionetas / Furgonetas		C
	Camiones Tanqueros Volqueteros		D
	Tráiler		D

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Data Attribute Ratings System (DARS) (USEPA, 2004)

Tabla N° 99 Matriz de calificación de la incertidumbre para fuentes móviles

	Componente	Actividad	Factor de Emisión	Incertidumbre
Vehículos a Gasolina	Automóviles	B	C	B
	Taxis	B	C	B
	Jeeps	B	C	B
	Camionetas/ Furgonetas	B	C	B
	Camiones	C	C	C
	Motocicletas	C	D	C
Vehículos a Diesel	Automóviles	C	C	C
	Buses	B	D	C
	Jeeps	C	C	C
	Camionetas / Furgonetas	C	C	C
	Camiones / Tanqueros / Volqueteros	D	D	D
	Tráiler	D	D	D

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Data Attribute Ratings System (DARS) (USEPA, 2004)

Como muestra en la matriz de calificación, la incertidumbre que se maneja para las fuentes móviles es bastante aceptable según los parámetros establecidos en la metodología.

Los resultados obtenidos se deben principalmente a la facilidad de obtener información de vehículos livianos, por lo que se tiene calificación B y C que todavía es moderadamente aceptable, en el caso de los vehículos pesados (calificación D) es complicado debido a que sus recorridos se los realiza en la periferia de la ciudad.

4.8.3 Incertidumbre de fuentes fijas

Tabla N° 100 Calidad de la información del consumo de combustible en fuentes fijas

Componente	Discusión	Calidad
GLP	La información sobre el consumo de GLP en las diversas industrias e instituciones es medianamente fiable, por cuanto, fueron otorgadas por las mismas, con firma responsable en formularios solicitados por el Municipio de Latacunga.	C
Diesel	De igual forma la información sobre el consumo de diesel en las industrias, proviene de lo que Petrocomercial les ha provisto para sus actividades industriales, en concordancia también con la concesión propia de los responsables de cada industria.	B

Componente	Discusión	Calidad
Otros combustibles	Esta información proviene de la aplicación de formularios a las industrias, los cuales hicieron llegar con firma responsable y la cifra aproximada, por tanto se considera medianamente fiable.	C

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Data Attribute Ratings System (DARS) (USEPA, 2004)

Tabla N° 101 Calidad de los factores de emisión por consumo de combustible – fuentes fijas

Componente	Discusión	Calidad
GLP	Se acoge la calificación asignada a los factores de emisión en la propia fuente de los factores de emisión utilizados (US-EPA, 2004). Se debe indicar que los factores de emisión de la US-EPA, son considerados referentes.	E
Diésel	La fuente de emisión de los factores utilizados (US-EPA, 2004) tiene calificaciones diferentes para el consumo industrial de diesel. Así, asigna A los factores de emisión de CO y SO ₂ , y E a los factores de emisión de PM ₁₀ y PM _{2.5} . Se considera que el uso de estos factores de emisión para el inventario de emisiones de Latacunga, merece una calificación global C, a manera de promediar una información fiable con otra que está referencial solamente.	C
Otros combustibles	En base a los factores de emisión utilizados (US-EPA, 2004), se dice que, tienen un nivel de incertidumbre alto.	D

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Data Attribute Ratings System (DARS) (USEPA, 2004)

Tabla N° 102 Matriz de calificación de la incertidumbre para fuentes fijas por consumo de combustible

Componente	Información	Factor de emisión	Incertidumbre
GLP	C	E	D
Diesel	B	C	B
Otros combustibles	C	D	C

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Data Attribute Ratings System (DARS) (USEPA, 2004)

Tabla N° 103 Calidad de la información de la producción en fuentes fijas representativas

Componente	Discusión	Calidad
Aglomerados	La información de producción en Aglomerados Cotopaxi ha sido conferida por la misma empresa, de la cual se ha estimado una sumatoria de todos los productos que procesa para dar con el total de la tabla de cálculo, sin embargo, se estima que esta cantidad puede variar conforme la conveniencia de la misma empresa.	C
Holcim	La información fue provista por la misma empresa, con un margen de eficiencia en cuanto a la explotación total de materia prima, siendo una cantidad que varía en torno a la realidad de cada proceso.	C

Componente	Discusión	Calidad
Novacero	La información fue tomada de un estudio referencial que estima la producción nacional de acero y afines, por lo que, la cifra se considera medianamente confiable.	C
Cedal	La cifra de esta empresa estuvo presente en uno de los formularios que han sido llenos por la misma, de tal forma que se considera dato importante que tiende a variación acorde a la conveniencia de la empresa.	C
Familia Sancela	De igual forma, la producción ha sido llenada en un formulario que se considera medianamente confiable en base a los conferimientos de la misma empresa.	C

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Data Attribute Ratings System (DARS) (USEPA, 2004)

Tabla Nº 104 Calidad de los factores de emisión por producción – fuentes fijas

Componente	Discusión	Calidad
Para madera	Se acoge la calificación asignada a los factores de emisión en la propia fuente de los factores de emisión utilizados (US-EPA, 2004). Se debe indicar que los factores de emisión de la US-EPA, son considerados referentes.	E
Para producción de cemento	La fuente de emisión de los factores utilizados (US-EPA, 2004) tiene calificaciones de aproximación.	D
Producción de acero	En base a los factores de emisión utilizados (US-EPA, 2004), se dice que, tienen un nivel de incertidumbre alto.	D
Producción de aluminio	Los factores de emisión de la EPA, son referentes para el caso de producción de cada industria.	E

Componente	Discusión	Calidad
Producción de papel	En base a los factores de emisión utilizados (USEPA, 2004), se dice que, tienen un nivel de incertidumbre alto.	D

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Data Attribute Ratings System (DARS) (USEPA, 2004)

Tabla Nº 105 Matriz de calificación de la incertidumbre para fuentes fijas por proceso productivo

Componente	Información	Factor de emisión	Incertidumbre
Aglomerados	C	E	D
Holcim	C	D	C
Novacero	C	D	C
Cedal	C	E	D
Familia Sancela	C	D	C

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Data Attribute Ratings System (DARS) (USEPA, 2004)

4.8.4 Incertidumbre fuentes de área

Tabla Nº 106 Calidad de la información de las fuentes de área

Componente	Discusión	Calificación
Ladrilleras	La información proporcionada por las ladrilleras, no fue verificada, debido a que no existen registros claros del año 2010	C
Cantera (Holcim)	La cantidad de explotación de puzolana que realiza Holcim es bastante fiable	B

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Data Attribute Ratings System (DARS) (USEPA, 2004)

Tabla N° 107 Calidad de los factores de emisión

Componente	Discusión	Calificación
Ladrilleras	En base a los factores de emisión utilizados (US-EPA, 2004), se dice que, tienen un nivel de incertidumbre alto.	D
Cantera (Holcim)	En base a los factores de emisión utilizados (US-EPA, 2004), se dice que, tienen un nivel de incertidumbre alto.	D

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Data Attribute Ratings System (DARS) (USEPA, 2004)

Tabla N° 108 Matriz de calificación de la incertidumbre para fuentes de área

Componente	Información	Factor de emisión	Incertidumbre
Ladrilleras	C	D	C
Cantera (Holcim)	B	D	C

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Data Attribute Ratings System (DARS) (USEPA, 2004)

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES GENERALES

- Se ha podido describir apropiadamente el área a estudiarse, siendo Latacunga el punto de análisis para la recepción del trabajo de investigación, conociendo así sus rasgos físicos, topográficos, geográficos y meteorológicos.
- Se han evaluado las diversas fuentes de contaminación en la ciudad de Latacunga, dando un total de 48 fuentes fijas como muestra representativa, 30189 fuentes móviles y 2 fuentes de área, de tal forma que se sabe el tipo de combustible que utilizan para su funcionalidad, a manera de levantamiento de información.
- Se han descrito eficientemente los contaminantes atmosféricos que se evaluarán para el inventario de emisiones, considerando sus particularidades y las afecciones a la salud.
- Se procedió a describir y utilizar la metodología de factores de emisión en base al tipo de combustible utilizado por las fuentes fijas, móviles y de área; a más de factores de emisión por

producción para el caso de las industrias más representativas de la ciudad de Latacunga.

- Se pudo verificar la validez de los factores de emisión, para el cálculo correspondiente al inventario, de tal manera que, han ayudado a tener una idea clara con respecto a la cantidad de contaminante que están emitiendo las fuentes fijas, móviles y de área en la ciudad de Latacunga, que serán citados en las siguientes conclusiones del inventario de emisiones atmosféricas propiamente dicho.

- La incertidumbre evaluada en el inventario de emisiones de Latacunga, ha sido apropiada de tal forma que se puede confiar en su validez para apreciar la calidad del aire y proseguir con las siguientes fases de la gestión de la contaminación atmosférica en dicha ciudad.

5.2 CONCLUSIONES DE RESULTADOS

- En base al inventario de emisiones calculado, que es el producto del presente trabajo de investigación en la ciudad de Latacunga, se tienen los siguientes resultados:
 - a) En definitiva han sido evaluadas 48 fuentes fijas, 30189 fuentes móviles y 2 fuentes de área; siendo las más representativas para apreciar una cifra de emisión considerable y útil para la gestión de la contaminación atmosférica en Latacunga.
 - b) La fuentes móviles emiten 2603.46 ton/año de NO_x, 9427.19 ton/año de CO, 153.72 ton/año de SO₂, 131.90 ton/año de PM₁₀ y 109.85 ton/año de PM_{2.5}; las fuentes fijas en base al combustible utilizado emiten 107.15 ton/año de NO_x, 317.53 ton/año de CO, 366.99 ton/año de SO₂, 23.46 de PM₁₀ y 16.34 ton/año de PM_{2.5}; las fuentes fijas en base al proceso productivo de las industrias más representativas y que aplican a la emisión de contaminantes considerados, emiten 224.13 ton/año de NO_x, 5628.04 ton/año de CO, 489.64 ton/año de SO₂, 1575.88 ton/año de PM₁₀ y 1073.04 ton/año de PM_{2.5}; las fuentes de área del estudio emiten 0.41 ton/año de NO_x, 19.98 ton/año de CO, 0.03 ton/año de SO₂, 46.81 ton/año de PM₁₀ y 2.83 ton/año de PM_{2.5}.
 - c) Las fuentes fijas considerando combustible y proceso productivo emiten 331.28 ton/año de NO_x, 5945.57 ton/año de CO, 856.63 de SO₂, 1599.35 ton/año de PM₁₀ y 1089.39 ton/año de PM_{2.5}. Cabe resaltar que, básicamente se toma en

cuenta fuentes fijas por consumo de combustible, sin embargo, considerando las emisiones por proceso productivo, las cifras se elevan apreciablemente, afectando a los totales de las emisiones en la ciudad de Latacunga.

- d) En total, las fuentes fijas, móviles y de área en la ciudad de Latacunga están emitiendo 2935.15 ton/año de NO_x, 15392.74 ton/año de CO, 1010.38 de SO₂, 1778.06 ton/año de PM₁₀ y 1202.07 ton/año de PM_{2.5}; de las cuales, en el caso de NO_x el 88.70% corresponde fuentes móviles, el 11.29% a fuentes fijas y el 0.01% a fuentes de área. Para el caso de CO, el 61.24% corresponde a fuentes móviles, el 38.63 a fuentes fijas y el 0.13% a fuentes de área. En cuanto a SO₂, el 84.78 % corresponde a las fuentes fijas, el 15.21% a fuentes móviles y el 0.01% a fuentes de área. Para PM₁₀ el 89.95% corresponde a fuentes fijas, el 7.42% a fuentes móviles y 2.63% a fuentes de área. En el caso de PM_{2.5}, el 90.63% es de las fuentes fijas, 9.14% de las fuentes móviles y 0.24% de las fuentes de área.

5.3 CONCLUSIONES COMPARATIVAS

- Considerando el total de las emisiones atmosféricas en la ciudad de Latacunga, sin considerar el caso de fuentes fijas por proceso productivo de las industrias más representativas, se tiene que sus emisiones aproximadamente se equiparan a la tercera parte de lo que se emite en la ciudad de Cuenca, en cuanto a los contaminantes estudiados, es decir: NO_x, CO, SO₂, PM₁₀ y PM_{2.5}.

- Ahora bien, considerando las cifras totales de las emisiones atmosféricas con el caso de fuentes fijas por proceso productivo se tiene que las cifras se elevan de tal manera que, sobrepasan las cifras de emisión de la ciudad de Cuenca, en PM_{10} y $PM_{2.5}$; dando lugar a una comparación con las emisiones de Quito 2003, asemejándose aproximadamente a la tercera parte de lo que se emite en la capital.

- Se debe a los factores de emisión por proceso productivo que desarrollan las industrias representativas de Latacunga que se eleva considerablemente las cifras de emisión de PM_{10} y $PM_{2.5}$ principalmente, siendo una gran realidad, la emisión de grandes cantidades de partículas, sin embargo, sin contar con las emisiones atmosféricas por proceso productivo, se percibe mayor normalidad del comportamiento de las emisiones atmosféricas, en comparación con las de Cuenca, considerando que Latacunga aún es una ciudad en desarrollo y expansión. Por ello, se ha calificado con alto grado de incertidumbre, calificación D (poco confiable), a las emisiones atmosféricas por proceso productivo, más el total, puede ser apreciado para las consecuentes fases de la gestión de la contaminación atmosférica en la ciudad de Latacunga.

5.4 RECOMENDACIONES

- Se recomienda mantener actualizado el desarrollo del plan maestro de la ciudad de Latacunga, a manera de Línea Base que sirva de inicio para todo estudio en torno a la zona de estudio.

- Será necesario que anualmente se mantenga un registro lo más cercano posible a la realidad, de fuentes fijas, móviles y de área, estableciendo el nombre, la dirección, coordenadas, tipo y cantidad real de combustible utilizados, así como demás datos que ayuden a conocer las particularidades de cada fuente, como es el caso de la producción anual.
- Se debe dar a conocer a las autoridades y a la población general de la ciudad de Latacunga, los peligros con respecto a los contaminantes que se están emitiendo a partir de las fuentes fijas, móviles y de área, estableciendo un control apropiado para evitar contrariedades en la salud.
- A mediano o largo plazo se requerirá calcular factores de emisión propios para la localidad de Latacunga, lo cual, aproximaría más y más el cálculo del inventario de emisiones, aunque ello requerirá por tanto, la adquisición de nuevos y mejores equipos para el monitoreo de los gases contaminantes emitidos por las fuentes fijas, móviles y de área.
- Se recomienda tomar en cuenta la cantidad de contaminantes emitidos a la atmósfera, de tal forma que, se prevenga y se pueda gestionar la mantención de la calidad del aire. Tal es el caso de la mejoría de la calidad del combustible. (Ver Anexo 6).
- En base a la validez de la incertidumbre, será necesario proseguir con la gestión de la contaminación atmosférica en la ciudad de Latacunga, al punto de mantener estudios especializados al respecto y dando lugar al control, conocimiento y mejoría de la calidad del aire, lo cual es un objetivo a nivel nacional.

- Para proceder a la utilización de los datos del presente inventario de emisiones atmosféricas, se recomienda hacerlo principalmente en base a las fuentes móviles, fijas por consumo de combustible y de área, puesto que, los factores de emisión por proceso productivo poseen un alto grado de incertidumbre.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agencia de Protección Ambiental EPA, “Monóxido de Carbono”, USA, 2010
2. Alcaldía de Latacunga, “Historia de la Ciudad Latacunga”, Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Latacunga, Página web: www.latacunga.gov.ec, 2011
3. ALVARADO, Mauro, “Inventario de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera para la Zona Metropolitana de Morelia y Cinco Municipios”, Gobierno del Estado de Michoacán, Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente, México, 2008
4. BALCARCE, Edith, “Manual de Procedimientos para determinación de material particulado”, Chile, 2009
5. BOLAÑOS, Santiago, “Latacunga: Un Patrimonio monumental y cultural en el Ecuador”, Ecuador, 2011
6. CEPAL, “Contaminación atmosférica y conciencia ciudadana”, Santiago de Chile, 2009
7. CELIS, José, “Aspectos Importantes de la Contaminación Atmosférica por Material Particulado”, Universidad de Concepción, Campus Chillán, Chile, 2010
8. Centro de Información sobre Contaminación de Aire para la Frontera entre EE. UU. y México CICA, “Técnicas para Calcular Emisiones de Categorías de Fuentes Únicas en su Género en Mexicali, México”, Environmental Protection Agency EPA, México, 2009
9. Centro de Investigaciones de Ingeniería Ambiental, “Procedimiento para la estimación de emisiones provenientes de fuentes fijas”, Universidad de los Andes, Bogotá – Colombia, 2007

10. Comisión Interdepartamental del Cambio Climático, “Guía Práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero GEI”, Cataluña – España, 2011
11. Comisión Nacional del Medio Ambiente CONAMA, “Guía Metodológica para la Estimación de Emisiones Atmosféricas de Fuentes Fijas y Móviles en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes”, Santiago de Chile, 2009
12. Comisión Nacional para el uso eficiente de la energía CONUEE, “Metodologías para la cuantificación de emisiones de gases de invernadero y de consumos energéticos evitados por el aprovechamiento sustentable de la energía”, México, 2009
13. Corporación para el Mejoramiento del Aire de Quito CORPAIRE, “Inventario de emisiones atmosféricas del Distrito Metropolitano de Quito 2003”, Ecuador, 2006
14. DAISEY, L., “Organic Compound in Urban Aerosols”, Anales de la Academia de Ciencias de New York, 2008
15. DE LA TORRE, M., “Intoxicaciones por Monóxido de Carbono”, Investigación de la Salud, España, 2009
16. Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, “Manejo de los índices de calidad del aire”, Perú, 2007
17. Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, “Guía Técnica para la medición, estimación y cálculo de las emisiones al aire”, Gobierno Vasco, España, 2007
18. Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros, “Guía para la Evaluación de Impactos en la Calidad del Aire por Actividades Minero Metalúrgicas”, Lima – Perú, 2007
19. Dirección General de Salud Ambiental DIGESA, “Protocolo de Monitoreo de la calidad del aire y gestión de los datos”, Perú, 2005

20. ECONOMOPOULOS, A., “Evaluación de Fuentes de Contaminación del Aire”, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Ginebra, 2002
21. Environmental Protection Agency EPA, “Compilation of Air Pollutant Emission Factors”, USA 2005
22. Fundación Natura, “El programa Calidad del Aire Ecuador: Una Utopía hecha realidad”, Ecuador, 2009
23. Fundación Natura, “Inventario de emisiones atmosféricas del cantón Cuenca 2007”, Ecuador, 2008
24. Fundación Natura, “La calidad del aire en Ecuador”, Conferencia Interamericana, Ecuador, 2008
25. Gobierno Municipal del Cantón Latacunga, “Formularios de Registro de Empresas”, Dirección Administrativa, Latacunga – Ecuador, 2010
26. Green Facts, “Contaminación del aire con Dióxido de Nitrógeno”, Investigación sobre salud y ambiente, España, 2009
27. Ilustre Municipio del Cantón Latacunga, “Plan participativo de desarrollo del cantón Latacunga”, Ecuador, 2004
28. Instituto Nacional de Ecología, “Diagnóstico nacional sobre inventarios de emisiones de fuentes móviles”, México, 2006
29. Instituto Químico de gases Atmosféricos, “Nutrientes y gases: Azufre”, Barcelona – España, 2010
30. Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC, “Directrices del IPCC para los inventarios de emisiones de gases de efecto invernadero”, 2006
31. International Vehicle Emissions Model, “Modelo de Emisiones”, USA, 2010
32. IPCC, Orientación del IPCC sobre buenas prácticas y gestión de la incertidumbre en los inventarios de gases de efecto invernadero, 2009
33. Ministerio del Ambiente, “Programa de Renovación del Parque Automotor REN-OVA”, Quito – Ecuador, 2010

34. Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino, “Inventario de emisiones a la atmósfera de España, Edición 2010
35. Ministerio del Ambiente de Colombia, “Conceptualización e Importancia del Inventario de Emisiones”, Colombia, 2008
36. Ministerio del Ambiente de Colombia, “Manual de Fundamentos y Planeación de Inventarios de Emisiones”, Colombia, 2008
37. Municipio de Latacunga, “Plan Maestro del Cantón Latacunga para el Buen Vivir”, Ecuador, 2010
38. Organización Mundial de la Salud OMS, “Guía de Calidad del Aire relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre”, 2009
39. PADILLA, Galo y SÁENZ, Shirley, “Monitoreo de Material Particulado”, Laboratorio Dr. A. Bjarner, Elicrom Cía. Ltda., Guayaquil – Ecuador, 2009
40. PRÉNDEZ, M., “Estudio Preliminar del Material Particulado de Fuentes Estacionarias: Aplicación al Sistema de Compensación de Emisiones en la Región Metropolitana”, Departamento de Estudios Químicos, Chile, 2008
41. Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD, “Inventario General de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero”, 2009
42. Pontificia Universidad Javeriana de Cali, “Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos por fuentes puntuales en la zona Cali-Yumbo”, Colombia”, Facultad de Ingeniería, 2003
43. Radian International LLC, “Manuales del programa de inventarios de emisiones de México”, México, 1997
44. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, “Guía metodológica para la estimación de emisiones vehiculares en ciudades mexicanas”, México, 2009
45. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, “Inventario de emisiones Zona metropolitana del Valle de México”, México, 1998

46. Universidad Autónoma de San Luis Potosi, "Inventario de emisiones de fuentes de área para la ciudad San Luis Potosi", México, 2005
47. Universidad de Castilla – La Mancha, "Modelos de consumo y emisiones en el transporte", España, 2008
48. Universidad Nacional de Córdoba, "Análisis y Caracterización de la Calidad del Aire", Gestión para la Integración Regional del Centro de Estudios Avanzados de la UNC, Argentina, 2010
49. Universidad Nacional de Córdoba, "Teoría del Inventario de Emisiones de Contaminantes Atmosféricos", Argentina, 2009
50. Universidad Técnica de Cotopaxi, "Informe del Proyecto Calidad del Aire", Latacunga – Ecuador, 2011

ANEXOS

ANEXO 1 ESTACIONES METEREÓLOGICAS

Estación Colcas

Mes	Temperatura promedio (°C)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Humedad exterior (%)	Punto de rocío (°C)	Velocidad del viento (km/h)	Corrida de viento (km)	Velocidad máxima del viento (km/h)	Índice de frío (°C)	Índice de calor (°C)	Presión atmosférica (mm Hg)	Precipitación (mm)	Intensidad de lluvia (mm/h)	Radiación Solar (W/m2)	Energía solar (Ly)	Radiación solar máxima (W/m2)	Temperatura interior (°C)	Humedad interior (%)	Evapotranspiración (mm)
1	9,8	22,9	0,9	81,7	6,4	3,4	2.298	53,1	9,7	9,6	1.037,2	48,4	0,9	191,9	33,0	1.621,0	15,4	61,3	0,24
2	10,4	22,4	3,5	84,8	7,7	2,7	1.693	54,7	10,4	10,4	1.036,2	66,0	1,5	152,5	26,2	1.559,0	15,8	63,9	0,19
3	9,9	21,9	3,7	85,9	7,5	2,5	1.729	45,1	9,9	9,9	1.037,9	73,4	1,8	134,8	23,2	1.665,0	15,4	65,1	0,16
4	9,6	18,9	3,3	89,3	7,8	2,0	1.294	37,0	9,5	9,6	1.039,1	166,4	2,4	111,0	19,1	1.556,0	15,0	68,1	0,13
5	9,8	22,1	2,2	84,7	7,1	2,3	1.568	38,6	9,8	9,7	1.039,2	64,4	0,6	145,4	25,0	1.457,0	15,2	65,1	0,17
6	8,5	22,4	3,0	87,9	6,4	2,9	1.919	49,9	8,3	8,5	1.041,7	78,0	0,7	129,0	22,2	1.484,0	14,0	66,8	0,15
7	7,9	20,3	-0,9	87,0	5,6	2,3	1.548	48,3	7,8	7,8	1.042,1	96,8	1,2	129,0	22,2	1.419,0	13,8	64,9	0,15
8	7,5	21,4	-0,7	81,9	4,3	3,9	2.691	53,1	7,2	7,4	1.043,2	31,2	0,3	172,9	29,7	1.505,0	13,1	62,7	0,20
9	7,9	20,6	-2,1	79,3	4,1	4,2	2.810	64,4	7,6	7,7	956,0	26,8	0,2	181,6	31,2	1.577,0	14,2	58,9	0,23
10	9,0	21,6	-0,3	79,3	5,2	3,2	2.205	54,7	8,9	8,8	767,6	34,4	0,5	170,3	29,3	1.561,0	15,4	57,8	0,22
11	8,4	21,4	-0,6	83,5	5,4	2,2	1.415	38,6	8,3	8,2	767,1	97,6	0,9	151,9	26,1	1.475,0	13,3	65,1	0,18
12	8,7	19,4	1,3	87,3	6,6	1,7	1.191	41,8	8,6	8,7	765,8	127,6	0,8	123,7	10,6	1.468,0	12,9	68,3	0,07
Promedio	9,0	21,3	1,1	84,4	6,2	2,8	1.863	48,3	8,8	8,9	964,4	911,0	1,0	149,5	24,8	1.528,9	14,5	64,0	0,17
Máxima	10,4	22,9	3,7	89,3	7,8	4,2	2.810	64,4	10,4	10,4	1.043,2	166,4	2,4	191,9	33,0	1.665,0	15,8	68,3	0,24
Mes máxima	2	1	3	4	4	9	9	9	2	2	8	4	4	1	1	3	2	12	1
Día máxima	—	2010-01-04	—	—	—	—	—	2010-09-18	—	—	—	—	—	—	—	2010-03-21	—	—	—
Hora máxima	—	14:00	—	—	—	—	—	12:00	—	—	—	—	—	—	—	14:00	—	—	—
Mínima	7,5	18,9	-2,1	79,3	4,1	1,7	1.191,4	37,0	7,2	7,4	765,8	26,8	0,2	111,0	10,6	1.419,0	12,9	57,8	0,07
Mes mínima	8	4	9	10	9	12	12	4	8	8	12	9	9	4	12	7	12	10	12
Día mínima	—	—	2010-09-09	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Hora mínima	—	—	6:00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Fuente: Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología 2010

Estación San Joaquín

Mes	Temperatura promedio (°C)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Humedad exterior (%)	Punto de rocío (°C)	Velocidad del viento (km/h)	Corrida de viento (km)	Velocidad máxima del viento (km/h)	Índice de frío (°C)	Índice de calor (°C)	Presión atmosférica (mm Hg)	Precipitación (mm)	Intensidad de lluvia (mm/h)	Radiación Solar (W/m2)	Energía solar (Ly)	Radiación solar máxima (W/m2)	Temperatura interior (°C)	Humedad interior (%)	Evapotranspiración (mm)
1	10,3	22,9	1,8	80,9	6,7	3,0	2.182	53,1	10,2	10,1	974,8	48,4	0,8	192,9	29,3	1.621,0	15,6	60,9	0,21
2	12,2	22,4	5,8	84,1	9,3	1,3	988	46,7	12,2	12,2	746,1	57,8	0,7	161,4	16,0	1.559,0	16,9	60,5	0,12
3	12,1	22,7	6,1	85,2	9,5	0,5	370	33,8	11,7	12,1	698,3	52,2	0,6	143,1	12,3	1.445,0	16,9	60,3	0,09
4	11,9	22,6	4,8	88,1	9,9	0,6	423	41,8	11,9	12,0	698,8	143,8	1,2	135,1	11,6	1.513,0	16,5	63,3	0,08
5	12,0	23,6	5,4	84,4	9,2	0,9	662	37,0	12,0	12,0	698,9	62,0	0,5	143,2	12,3	1.332,0	16,2	62,1	0,09
6	10,5	20,5	5,2	88,2	8,5	0,5	382	37,0	10,5	10,5	699,3	75,0	0,4	118,8	10,2	1.278,0	15,4	62,7	0,07
7	10,3	21,2	1,1	85,8	7,7	0,7	501	40,2	10,2	10,2	698,9	81,2	0,6	140,9	12,1	1.257,0	16,1	58,1	0,09
8	9,6	21,4	0,9	81,7	6,3	0,8	567	37,0	9,6	9,5	699,0	28,4	0,3	148,5	12,8	1.292,0	14,5	57,8	0,09
9	8,5	20,6	-2,1	80,6	5,0	3,2	2.588	64,4	8,3	8,3	844,7	28,6	0,2	167,5	20,2	1.577,0	14,9	57,6	0,15
10	8,9	21,6	-0,3	80,3	5,3	3,1	2.268	54,7	8,7	8,6	777,8	34,6	0,3	161,0	15,3	1.561,0	16,0	56,6	0,12
11	8,4	21,4	-0,6	83,4	5,4	2,2	1.442	38,6	8,3	8,3	767,4	97,6	0,9	154,3	26,5	1.475,0	13,3	65,1	0,19
12	10,3	19,2	4,1	88,3	8,3	1,3	951	37,0	10,2	10,3	781,0	114,2	1,0	136,1	11,7	1.315,0	13,1	69,0	0,06
Promedio	10,4	21,7	2,7	84,3	7,6	1,5	1.110	43,4	10,3	10,3	757,1	823,8	0,6	150,2	15,9	1.435,4	15,4	61,2	0,11
Máxima	12,2	23,6	6,1	88,3	9,9	3,2	2.588	64,4	12,2	12,2	974,8	143,8	1,2	192,9	29,3	1.621,0	16,9	69,0	0,21
Mes máxima	2	5	3	12	4	9	9	9	2	2	1	4	4	1	1	1	3	12	1
Día máxima	—	2010-05-16	—	—	—	—	—	2010-09-18	—	—	—	—	—	—	—	2010-01-26	—	—	—
Hora máxima	—	14:00	—	—	—	—	—	12:00	—	—	—	—	—	—	—	12:00	—	—	—
Mínima	8,4	19,2	-2,1	80,3	5,0	0,5	370,3	33,8	8,3	8,3	698,3	28,4	0,2	118,8	10,2	1.257,0	13,1	56,6	0,06
Mes mínima	11	12	9	10	9	3	3	3	9	11	3	8	9	6	6	7	12	10	12
Día mínima	—	—	2010-09-09	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Hora mínima	—	—	6:00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Fuente: Instituto Nacional de Hidrología y Meteorología 2010

ANEXO 2 MONITOREO DE CALIDAD DE AIRE CÁLCULO DE CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICUALDO PM10

FECHAS DE MUESTREO			DATOS DEL FILTRO				DATOS DEL MUESTRADOR						CONDICIONES AMBIENTALES				CÁLCULOS					RESULTADO	Limite permitido por la norma de Calidad del Aire (µg/m3) para 24 horas	Cumple con el limite para 24 horas		
N°	Fecha de inicio	Hora de inicio	Filtro N°	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Diferencia peso (g)	Diferencia peso (µg) transformación de unidades	Registro Tiempo Inicio (Horómetro)	Registro Tiempo Final (Horómetro)	Tiempo de Muestreo (min)	Caída Presión inicial ΔH _i (ln H ₂ O)	Caída Presión Final ΔH _f (ln H ₂ O)	Pendiente de la recta de calibración	Intercepto de la recta de calibración	Temperatura Ambiente local (T _a) °K	Presión atmosférica local (mmHg)	Temperatura Ambiente de referencia (T) °K	Presión atmosférica de referencia (mmHg)	Flujo de Operación inicial (m3/min)	Flujo de Operación final (m3/min)	Promedio del Flujo de Operación (m3/min)	Flujo de referencia (m3/min)			Volumen de referencia (m3)	Concentración de Partículas PM 10 (µg/m3)
1	22-feb-11	24H00	GMCL-E-01001	4,3936	4,4571	6,35E-002	6,35E+004	521,4	545,4	440	7,5	8,1	0,9535	-0,016574	288	556	298	760	2,072	1874	1973	1493	250,38472	29,52959969	100	SI
2	28-feb-11	24H00	GMCL-E-01002	4,2492	4,2883	3,91E-002	3,91E+004	545,6	569,7	446	2,4	7	0,9535	-0,016574	288	556	298	760	1,177	1743	1460	1105	1598,03935	24,46748263	100	SI
3	06-mar-11	24H00	GMCL-E-01003	4,3691	4,4367	6,76E-002	6,76E+004	570,3	594,3	440	2	9,9	0,9535	-0,016574	288	556	298	760	1,076	2,071	1573	1,91	1715,03346	39,41614051	100	SI
4	12-mar-11	24H00	GMCL-E-01004	4,3059	4,3800	7,41E-002	7,41E+004	652,6	676,7	446	2,4	6,8	0,9535	-0,016574	288	556	298	760	1,177	1718	1447	1096	1584,39778	46,76855848	100	SI
5	17-abr-11	24H00	GMCL-E-01005	4,3259	4,4020	7,61E-002	7,61E+004	864,0	866,4	44	11,2	21	0,9535	-0,016574	288	556	298	760	2,530	3,012	2,771	2,098	302,06368	2519336321	100	NO
6	23-abr-11	24H00	GMCL-E-01006	4,3034	4,3242	2,08E-002	2,08E+004	866,6	869,0	44	12,1	13,5	0,9535	-0,016574	288	556	298	760	2,629	2,417	2,523	1910	275,00955	75,63373712	100	si
7	29-abr-11	24H00	GMCL-E-01007	4,2092	4,2121	2,90E-003	2,90E+003	869,3	869,6	18	11,3	11,6	0,9535	-0,016574	288	556	298	760	2,541	2,241	2,391	1810	32,5769279	89,02005762	100	si
8	05-may-11	24H00	GMCL-E-01008	4,3370	4,3985	6,15E-002	6,15E+004	869,9	893,9	440	11,5	21	0,9535	-0,016574	288	556	298	760	2,563	3,012	2,788	2,110	3038,9282	20,23739814	100	SI
9	11-may-11	24H00	GMCL-E-01009	4,3155	4,3565	4,10E-002	4,10E+004	894,10	918,1	440	11,8	17,6	0,9535	-0,016574	288	556	298	760	2,596	2,758	2,677	2,027	2918,49464	14,0483383	100	SI
10	17-may-11	24H00	GMCL-E-01010	4,3240	4,3991	0,0751	75100	918,5	942,5	440	12,3	15,8	0,9535	-0,016574	288	556	298	760	2,651	2,64	2,632	1993	2868,32771	26,17337847	100	SI
11	23-may-11	24H00	GMCL-E-01011	4,2556	4,3467	0,0911	91100	942,9	966,9	440	11,9	17	0,9535	-0,016574	288	556	298	760	2,607	2,711	2,659	2,013	2898,67607	31,42814089	100	SI
12	29-may-11	24H00	GMCL-E-01012	4,3038	4,3828	0,079	79000	967,2	991,2	440	11,3	16,5	0,9535	-0,016574	288	556	298	760	2,541	2,671	2,606	1973	2840,64917	27,8105444	100	SI
13	04-jun-11	24H00	GMCL-E-01013	4,2846	4,2936	0,009	9000	991,3	1015,3	440	11,9	14,5	0,9535	-0,016574	288	556	298	760	2,607	2,504	2,556	1935	2786,00128	3,230436421	100	SI
14	10-jun-11	24H00	GMCL-E-01014	4,2046		-4,2046	-4204600	1015,5		-60930	12,2		0,9535	-0,016574	288	556	298	760	2,640	0,135	1387	1050	-63993,485	65,70356299	101	SI

Fuente: Universidad Técnica de Cotopaxi, "Informe del proyecto calidad del aire" Latacunga 2011

ANEXO 3 VEHÍCULOS MATRICULADOS EN EL 2010 (LATACUNGA)

**ANEXO 4 HOJAS DE LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN (VISITA DE
INDUSTRIAS)**

ANEXO 5 TABLA RESUMEN DESAGREGADA DEL INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS EN LA CIUDAD DE LATACUNGA

Tipo de Fuente	NOx (Ton)	%	CO (Ton)	%	PM 10 (Ton)	%	PM 2.5 (Ton)	%	SO2 (Ton)	%
Automóvil	121,75	4,15	1010,21	6,56	3,1	0,17	1,78	0,15	12,29	1,22
Jeep	197,79	6,74	2399,59	15,59	1,69	0,10	0,99	0,08	5,64	0,56
Camioneta	269,29	9,17	1036,68	6,73	3,53	0,20	1,95	0,16	13,14	1,30
Camión	13,38	0,46	272,6	1,77	0,82	0,05	0,59	0,05	0,93	0,09
Motocicleta	12,49	0,43	1048,59	6,81	1,14	0,06	0,66	0,05	3,95	0,39
Taxis	38,92	1,33	342,89	2,23	0,98	0,06	0,56	0,05	1,07	0,11
Subtotal Vehículos a Gasolina	653,63	22,27	6110,55	39,70	11,27	0,63	6,54	0,54	37,02	3,66
Automóvil	0,39	0,01	0,6	0,00	0,13	0,01	0,11	0,01	1,1	0,11
Bus	100,61	3,43	183,18	1,19	6,69	0,38	5,74	0,48	4,73	0,47
Jeep	1,86	0,06	4,16	0,03	0,31	0,02	0,26	0,02	3,5	0,35
Furgoneta /Camioneta	13,53	0,46	28,34	0,18	1,56	0,09	1,29	0,11	21,62	2,14
Camión/ Tanquero/Volquetero	1643,07	55,98	2790,49	18,13	100,82	5,67	86,39	7,19	77,24	7,64
Tráiler	190,38	6,49	309,86	2,01	11,11	0,62	9,52	0,79	8,51	0,84
Subtotal Vehículos a Diesel	1949,84	66,43	3316,64	21,55	120,63	6,78	103,32	8,60	116,7	11,55
Subtotal Fuente Móviles	2603,46	88,70	9427,19	61,24	131,9	7,42	109,85	9,14	153,72	15,21
Industrias (Consumo GLP)	12,98	0,44	2,19	0,01	0,73	0,04	0,73	0,06	0	0,00
Comercial/Institucional (Consumo GLP)	0,1	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0	0,00

Tipo de Fuente	NOx (Ton)	%	CO (Ton)	%	PM 10 (Ton)	%	PM 2.5 (Ton)	%	SO2 (Ton)	%
Industrias (Consumo Diesel 2)	34,42	1,17	7,17	0,05	2,63	0,15	1,77	0,15	72,81	7,21
Industrias (Consumo de Gasolina)	7,85	0,27	302,64	1,97	0,48	0,03	0,48	0,04	0,05	0,00
Industrias (Consumo de Bunker)	51,8	1,76	5,51	0,04	19,62	1,10	13,36	1,11	294,13	29,11
Subtotal Fuentes fijas (Consumo de combustible)	107,15	3,65	317,53	2,06	23,47	1,32	16,35	1,36	366,99	36,32
Industrias proceso productivo	224,13	7,64	5628,04	36,56	1575,88	88,63	1073,04	89,27	489,64	48,46
Subtotal Fuentes Fijas	331,28	11,29	5945,57	38,63	1599,35	89,95	1089,39	90,63	856,63	84,78
Ladrilleras (Consumo de Leña)	0,41	0,01	19,98	0,13	2,86	0,16	2,83	0,24	0,03	0,00
Cantera Holcim	0	0,00	0	0,00	43,95	2,47	0	0,00	0	0,00
Subtotal Fuente Área	0,41	0,01	19,98	0,13	46,81	2,63	2,83	0,24	0,03	0,00
TOTAL	2935,15	100	15392,74	100	1778,06	100	1202,07	100	1010,38	100

Elaborado por: Romero A., Vaca P.

Fuente: Levantamiento de información en Latacunga y metodología de cálculo por factores de emisión 2010

ANEXO 6 COMBUSTIBLES DE MEJOR CALIDAD