

# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO



## ESCUELA DE POSTGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA

### MAESTRÍA EN PROTECCIÓN AMBIENTAL

“MITIGACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR MATERIAL PARTICULADO Y GASES DE COMBUSTIÓN DE AUTOMOTORES EN EL CENTRO COMERCIAL DE RIOBAMBA”

**Tesis de Grado Previo a la obtención del Título de:**

**MASTER EN PROTECCIÓN AMBIENTAL**

**Maestrante:** Luis Fernando Cazco Castelli

**Tutor:** Doctor Roberto Erazo

**Riobamba - Ecuador**

**2011**

# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO



## CERTIFICADO

El Tribunal de Tesis Certifica que: el trabajo de investigación titulado “**MITIGACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR MATERIAL PARTICULADO Y GASES DE COMBUSTIÓN DE AUTOMOTORES EN EL CENTRO COMERCIAL DE RIOBAMBA.**” de responsabilidad del Ingeniero Luis Fernando Cazco Castelli, ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

### TRIBUNAL DE TESIS

Ing. Pacifico Riofrio M.Sc. ....  
**PRESIDENTE**

Dr. Roberto Erazo M.Sc. ....  
**MIEMBRO**

Dra. Nancy Veloz M.Sc. ....  
**MIEMBRO**

Dra. Jenny Moreno M.Sc. ....  
**MIEMBRO**

Riobamba, marzo del 2012



## **DECLARATORIA**

“Yo LUIS FERNANDO CAZCO CASTELLI, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis de Grado; y el patrimonio intelectual de la misma pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”



## **DEDICATORIA**

A todos quienes me han apoyado y han sido la fuerza para culminar con esta formación.



## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, al CESTTA y a todas las Instituciones que han apoyado para la realización de ésta investigación; Ilustre Municipio de Riobamba, Dirección de Tránsito, Policía Nacional y ciudadanos que de varias formas colaboraron.

Un reconocimiento especial al personal del Laboratorio del CESTTA por su calidad profesional y don de gentes.

Al Doctor Roberto Erazo, Doctora Nancy Veloz, Dra. Jenny Moreno Director y Miembros del Tribunal por sus valiosas sugerencias y colaboración.

# TABLA DE CONTENIDO

<b>1</b>	<b>FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AIRE</b>	<b>1</b>
1.1.1	PROPIEDADES FÍSICAS	1
1.1.2	PROPIEDADES QUÍMICAS	1
<b>1.2</b>	<b>COMPOSICIÓN DEL AIRE PURO</b>	<b>1</b>
<b>1.3</b>	<b>CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA</b>	<b>3</b>
<b>1.4</b>	<b>FUENTES DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES</b>	<b>4</b>
<b>1.5</b>	<b>TIPOS DE CONTAMINANTES</b>	<b>5</b>
1.5.1	PRIMARIOS	5
1.5.2	SECUNDARIOS	5
1.5.3	PARTES POR MILLÓN (PPM)	5
1.5.4	PARTES POR BILLÓN (PPB)	6
<b>1.6</b>	<b>¿QUÉ SON LAS PARTÍCULAS?</b>	<b>6</b>
<b>1.7</b>	<b>MATERIAL PARTICULADO</b>	<b>6</b>
<b>1.8</b>	<b>PARTÍCULAS SUSPENDIDAS EN SU FRACCIÓN RESPIRABLE (PM<sub>2.5</sub>)</b>	<b>8</b>
1.8.1	CRITERIOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL AIRE	8
1.8.2	CARÁCTERÍSTICAS DEL CONTAMINANTE	8
<b>1.9</b>	<b>ÍNDICE METROPOLITANO DE LA CALIDAD DEL AIRE</b>	<b>10</b>
<b>1.10</b>	<b>OXÍGENO Y COMBUSTIÓN</b>	<b>10</b>
<b>1.11</b>	<b>CALIDAD DEL AIRE</b>	<b>10</b>
<b>1.12</b>	<b>LÍNEA BASE</b>	<b>11</b>
<b>1.13</b>	<b>GASES DE COMBUSTIÓN</b>	<b>11</b>
1.13.1	INOFENSIVOS	11
1.13.2	CONTAMINANTES	12
<b>1.14</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>13</b>
1.14.1	MÉTODOS DE MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO	13
1.14.2	EQUIPOS DE MEDICIÓN PARA MATERIAL PARTICULADO	13
1.14.3	DETERMINACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO PM <sub>2.5</sub> EN AIRE AMBIENTE	18
1.14.4	MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIONES DEL MONÓXIDO DE CARBONO (CO), MONÓXIDO DE NITRÓGENO (NO), DIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO <sub>2</sub> ), Y DIÓXIDO DE AZUFRE (SO <sub>2</sub> ), EN AIRE AMBIENTE.	22
<b>1.15</b>	<b>ESTÁNDARES DE CALIDAD DEL AIRE PARA MATERIAL PARTICULADO</b>	<b>25</b>
<b>2</b>	<b>DESARROLLO EXPERIMENTAL</b>	<b>27</b>
<b>2.1</b>	<b>LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN</b>	<b>27</b>
<b>2.2</b>	<b>DEFINICIÓN DE LA POBLACIÓN MUESTRA</b>	<b>27</b>
<b>2.3</b>	<b>DISEÑO EXPERIMENTAL</b>	<b>28</b>
2.3.1	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN	28

2.3.2	RESPUESTAS DE INVESTIGACIÓN	28
<b>2.4</b>	<b>CODIFICACIÓN DE LAS VARIABLES, NIVELES Y RESPUESTAS A MEDIR PARA GASES DE COMBUSTIÓN</b>	<b>28</b>
<b>2.5</b>	<b>CODIFICACIÓN DE LAS VARIABLES, NIVELES Y RESPUESTAS A MEDIR PARA MATERIAL PARTICULADO</b>	<b>30</b>
<b>2.6</b>	<b>DATOS EXPERIMENTALES</b>	<b>32</b>
2.6.1	MATERIAL PARTICULADO Y GASES	32
2.6.2	DATOS DE MATERIAL PARTICULADO PM <sub>2,5</sub>	34
2.6.3	DATOS DE GASES DE COMBUSTIÓN	38
<b>2.7</b>	<b>RESUMEN DE DATOS</b>	<b>38</b>
<b>3</b>	<b><u>ANÁLISIS DE DATOS Y DISCUSIÓN</u></b>	<b>48</b>
<b>3.1</b>	<b>MATERIAL PARTICULADO PM<sub>2,5</sub></b>	<b>48</b>
<b>3.2</b>	<b>TABLAS DE PROMEDIOS DE EMISIÓN DE GASES DE COMBUSTIÓN EN LOS DIFERENTES PUNTOS DE MONITOREO</b>	<b>51</b>
<b>3.3</b>	<b>ANÁLISIS Y COMENTARIO DEL COMPORTAMIENTO DE LOS GASES DE ACUERDO A LOS GRÁFICOS DE VARIACIÓN DE CADA UNO DE LOS GASES DURANTE LAS 24 HORAS EN LOS TRES LUGARES DE MUESTREO DEL PRESENTE ESTUDIO.</b>	<b>56</b>
<b>3.4</b>	<b>PROPUESTA DEL PLAN DE MITIGACIÓN AMBIENTAL</b>	<b>73</b>
3.4.1	INTRODUCCIÓN	73
3.4.2	OBJETIVOS	74
3.4.3	ALCANCES DEL DOCUMENTO	74
3.4.4	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	75
3.4.5	PROPUESTA DEL PLAN EMERGENTE	75
3.4.6	CONCLUSIONES	79
<b>4</b>	<b><u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u></b>	<b>80</b>
<b>4.1</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>80</b>
<b>4.2</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>81</b>
<b>4.3</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>83</b>
<b>5</b>	<b><u>ANEXOS</u></b>	<b>87</b>
<b>5.1</b>	<b>ANEXO 1 TULAS</b>	<b>87</b>
<b>5.2</b>	<b>ANEXO 2 MONITOREO GASES DE COMBUSTIÓN CO, NO, NO<sub>2</sub> Y SO<sub>2</sub> EN EL CENTRO COMERCIAL DE RIOBAMBA</b>	<b>87</b>
<b>5.3</b>	<b>ANEXO 3 BORRADOR DE PROYECTO CODIFICACIÓN A LA ORDENANZA QUE NORMA EL ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA DE REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR DE RIOBAMBA Y LA DELEGACIÓN DE COMPETENCIAS A RIOAIRE, CORPORACIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DEL AIRE DE RIOBAMBA.</b>	<b>87</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>CONTENIDO</b>	<b>Pg.</b>
TABLA 1-1	COMPOSICIÓN DEL AIRE	2
TABLA 1-2	TAMAÑOS DE PARTÍCULAS SEGÚN SU ORIGEN	7
TABLA 1-3	UNIDADES EMPLEADAS PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE	9
TABLA 1-4	MÉTODOS DE ANÁLISIS DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS	16
TABLA 1-5	VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO	26
TABLA 2-1	CODIFICACIÓN DE LAS VARIABLES, NIVELES Y RESPUESTAS A MEDIR GASES DE COMBUSTIÓN	29
TABLA 2-2	CODIFICACIÓN DE LAS RESPUESTAS A MEDIR	29
TABLA 2-3	ESTRUCTURA Y ALGORITMO A UTILIZAR EN LAS CLASIFICACIONES DE DOBLE ENTRADA Y RÉPLICAS PARA GASES DE COMBUSTIÓN	30
TABLA 2-4	CODIFICACIÓN DE LAS VARIABLES, NIVELES Y RESPUESTAS A MEDIR MATERIAL PARTICULADO	31
TABLA 2-5	CODIFICACIÓN DE LAS RESPUESTAS A MEDIR	31
TABLA 2-6	ESTRUCTURA Y ALGORITMO A UTILIZAR EN LAS CLASIFICACIONES DE DOBLE ENTRADA Y RÉPLICAS MATERIAL PARTICULADO	31
TABLA 2-7	MONITOREO MATERIAL PARTICULADO, MOMENTO 1	35
TABLA 2-8	MONITOREO MATERIAL PARTICULADO, MOMENTO 2	36
TABLA 2-9	MONITOREO MATERIAL PARTICULADO, MOMENTO 3	37
TABLA 2-10	MONITOREO 1 GASES DE COMBUSTIÓN CO, NO, NO <sub>2</sub> Y SO <sub>2</sub> EN EL CENTRO COMERCIAL DE RIOBAMBA – LA MERCED .	39
TABLA 2-11	MONITOREO 1 GASES DE COMBUSTIÓN CO, NO, NO <sub>2</sub> Y SO <sub>2</sub> EN EL CENTRO COMERCIAL DE RIOBAMBA – PARQUE SUCRE.	40
TABLA 2-12	MONITOREO 1 GASES DE COMBUSTIÓN CO, NO, NO <sub>2</sub> Y SO <sub>2</sub> EN EL CENTRO COMERCIAL DE RIOBAMBA – LA CONDAMINE.	41
TABLA 2-13	MONITOREO 2 GASES DE COMBUSTIÓN CO, NO, NO <sub>2</sub> Y SO <sub>2</sub> EN EL CENTRO COMERCIAL DE RIOBAMBA – LA MERCED.	42
TABLA 2-14	MONITOREO 2 GASES DE COMBUSTIÓN CO, NO, NO <sub>2</sub> Y SO <sub>2</sub> EN EL CENTRO COMERCIAL DE RIOBAMBA – PARQUE SUCRE.	43
TABLA 2-15	MONITOREO 2 GASES DE COMBUSTIÓN CO, NO, NO <sub>2</sub> Y SO <sub>2</sub> EN EL CENTRO COMERCIAL DE RIOBAMBA – LA CONDAMINE.	44
TABLA 2-16	MONITOREO 3 GASES DE COMBUSTIÓN CO, NO, NO <sub>2</sub> Y SO <sub>2</sub> EN EL CENTRO COMERCIAL DE RIOBAMBA – LA MERCED.	45
TABLA 2-17	MONITOREO 3 GASES DE COMBUSTIÓN CO, NO, NO <sub>2</sub> Y SO <sub>2</sub> EN EL CENTRO COMERCIAL DE RIOBAMBA – PARQUE SUCRE.	46
TABLA 2-18	MONITOREO 3 GASES DE COMBUSTIÓN CO, NO, NO <sub>2</sub> Y SO <sub>2</sub> EN EL CENTRO COMERCIAL DE RIOBAMBA – LA CONDAMINE.	47
TABLA 3-1	MATERIAL PARTICULADO PM <sub>2,5</sub> EN LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTRA Y EN LOS TRES MONITOREOS.	48
TABLA 3-2	MATERIAL PARTICULADO PM <sub>2,5</sub> CORREGIDO EN LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTRA Y EN LOS TRES MONITOREOS.	49



	<b>CONTENIDO</b>	<b>Pg.</b>
TABLA 3-3	VALORES DE NIVELES DE ALERTA Y EMERGENCIA DE ACUERDO AL TULAS.	51
TABLA 3-4	RESUMEN DE VALORES PROMEDIOS DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN CO, NO, NO <sub>2</sub> Y SO <sub>2</sub> – LA MERCED.	52
TABLA 3-5	RESUMEN DE VALORES PROMEDIOS DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN CO, NO, NO <sub>2</sub> Y SO <sub>2</sub> – PARQUE SUCRE.	52
TABLA 3-6	RESUMEN DE VALORES PROMEDIOS DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN CO, NO, NO <sub>2</sub> Y SO <sub>2</sub> – LA CONDAMINE.	52
TABLA 3-7	EMISIÓN DE LOS GASES EN LOS DIFERENTES PUNTOS, TOMANDO LOS VALORES PROMEDIOS (ppm) DE LOS TRES MONITOREOS.	53
TABLA 3-8	EMISIÓN CORREGIDA DE LOS GASES EN LOS DIFERENTES PUNTOS, TOMANDO LOS VALORES PROMEDIOS (ppm) DE LOS TRES MONITOREOS.	53
TABLA 3-9	APORTE DE LA EMISIÓN DE LOS GASES EN UN AÑO, TOMANDO LOS VALORES PROMEDIOS (ppm) DE LOS 3 MONITOREOS CON LOS VALORES DE ALERTA DEL TULAS.	54
TABLA 3-10	MEDIDAS DESCRIPTIVAS POR GRUPO DE LA EMISIÓN DE GASES DE COMBUSTIÓN EN EL CENTRO COMERCIAL DE RIOBAMBA	55
TABLA 3-11	ACCIONES Y RESPONSABILIDADES PARA PREVENIR Y MITIGAR LA CONTAMINACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO PM 2,5 Y GASES DE COMBUSTIÓN EMITIDOS POR AUTOMOTORES EN EL CENTRO COMERCIAL DE RIOBAMBA	77
TABLA 3-12	ACCIONES OBJETIVO, PROPUESTA Y RESPONSABILIDADES PARA LA MITIGACIÓN Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA.	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>CONTENIDO</b>	<b>Pg.</b>
FIGURA 1-1	EQUIPO ANDERSEN	15
FIGURA 1-2	EQUIPO PARTISOL	15
FIGURA 1-3	EQUIPO TISH ENVIRONNENTAL	16
FIGURA 1-4	EQUIPO VRAE	17
FIGURA 2-1	UBICACIÓN DE EQUIPOS - TOMA DE DATOS LA MERCED	32
FIGURA 2-2	UBICACIÓN DE EQUIPOS - TOMA DE DATOS PARQUE SUCRE	33
FIGURA 2-3	UBICACIÓN DE EQUIPOS - TOMA DE DATOS LA CONDAMINE	33
FIGURA 2-4	IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO VRAE PARA LA TOMA DE DATOS DE LOS GASES	34
FIGURA 2-5	IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO TISH ENVIRONNENTAL PARA LA TOMA DE PARTÍCULAS PM <sub>2,5</sub>	34
FIGURA 3-1	FILTRO RESULTADO PM <sub>2,5</sub> – LA MERCED	50
FIGURA 3-2	FILTRO RESULTADO PM <sub>2,5</sub> – PARQUE SUCRE	50
FIGURA 3-3	FILTRO RESULTADO PM <sub>2,5</sub> – LA CONDAMINE	50
FIGURA 3-4	FILTRO EN BLANCO	50

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

	<b>CONTENIDO</b>	<b>Pg.</b>
GRÁFICO 3-1	COMPORTAMIENTO DEL CO EN EL TIEMPO	56
GRÁFICO 3-2	COMPORTAMIENTO DEL CO LA MERCED	58
GRÁFICO 3-3	COMPORTAMIENTO DEL CO PARQUE SUCRE	59
GRÁFICO 3-4	COMPORTAMIENTO DEL CO LA CONDAMINE	60
GRÁFICO 3-5	COMPORTAMIENTO DEL NO EN EL TIEMPO	61
GRÁFICO 3-6	COMPORTAMIENTO DEL NO LA MERCED	62
GRÁFICO 3-7	COMPORTAMIENTO DEL NO PARQUE SUCRE	63
GRÁFICO 3-8	COMPORTAMIENTO DEL NO LA CONDAMINE	64
GRÁFICO 3-9	COMPORTAMIENTO DEL NO <sub>2</sub> EN EL TIEMPO	65
GRÁFICO 3-10	COMPORTAMIENTO DEL NO <sub>2</sub> LA MERCED	66
GRÁFICO 3-11	COMPORTAMIENTO DEL NO <sub>2</sub> PARQUE SUCRE	67
GRÁFICO 3-12	COMPORTAMIENTO DEL NO <sub>2</sub> LA CONDAMINE	68
GRÁFICO 3-13	COMPORTAMIENTO DEL SO <sub>2</sub> EN EL TIEMPO	69
GRÁFICO 3-14	COMPORTAMIENTO DEL SO <sub>2</sub> LA MERCED	70
GRÁFICO 3-15	COMPORTAMIENTO DEL SO <sub>2</sub> PARQUE SUCRE	71
GRÁFICO 3-16	COMPORTAMIENTO DEL SO <sub>2</sub> LA CONDAMINE	72

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>CONTENIDO</b>	<b>Pg.</b>
ANEXO 5-1	LIBRO SEXTO ANEXO 4, TULAS.	87
ANEXO 5-2	MONITOREO GASES DE COMBUSTIÓN CO, NO, NO <sub>2</sub> Y SO <sub>2</sub> EN EL CENTRO COMERCIAL DE RIOBAMBA.	87
ANEXO 5-3	BORRADOR DE PROYECTO CODIFICACIÓN A LA ORDENANZA QUE NORMA EL ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA DE REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR DE RIOBAMBA Y LA DELEGACIÓN DE COMPETENCIAS A RIOAIRE, CORPORACIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DEL AIRE DE RIOBAMBA.	87

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>Q</b>	Caudal
<b>Q<sub>máx</sub></b>	Caudal Máximo
<b>Q<sub>mín</sub></b>	Caudal Mínimo
<b>Q<sub>prom</sub></b>	Caudal Promedio
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro Cúbico
<b>µm</b>	Microgramos
<b>µm/ m<sup>3</sup></b>	Microgramos por Metro Cúbico
<b>V</b>	Volúmen
<b>Km</b>	Kilómetros
<b>ppm</b>	Partes por millón
<b>N</b>	Norte
<b>E</b>	Este
<b>W</b>	Oeste
<b>S</b>	Sur
<b>CO</b>	Monóxido de Carbono (ppm)
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Carbono (ppm)
<b>NO</b>	Monóxido de Nitrógeno (ppm)
<b>NO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Nitrógeno (ppm)
<b>SO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Azufre (ppm)
<b>PM<sub>2,5</sub></b>	Partículas 2,5 micrones
<b>PM<sub>10</sub></b>	Partículas 10 micrones
<b>TULAS</b>	Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria
<b>US EPA</b>	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de America

## RESUMEN

En el presente trabajo se monitorea la contaminación del aire por parte de los vehículos en el Centro Comercial de la ciudad de Riobamba en lo referente a material particulado  $PM_{2,5}$  y gases de combustión interna CO,  $CO_2$ , NO,  $NO_2$  y  $SO_2$ , para identificar si existe contaminación superior a la norma y en su caso plantear posibles soluciones involucrando a las Instituciones que tienen bajo su responsabilidad el control con miras a implementar un verificentro y un Plan Estratégico para reducir el daño que causa la contaminación producida por los vehículos con el paso del tiempo.

Con el crecimiento poblacional, el incremento económico del país y el alto crecimiento del parque automotor de la ciudad de Riobamba, implica teóricamente un incremento de contaminación; se desea tener datos para determinar el grado de contaminación y la necesidad de la implementación de un Verificentro y la aplicación de un Plan Estratégico para controlar y reducir los contaminantes existentes y prevenir que se agrave la contaminación del aire a futuro.

Para la presente investigación se utilizó el método experimental en el año 2009, se obtienen los datos de la condición del aire referente a  $PM_{2,5}$  y gases de combustión emanados por los automotores en el Centro Comercial de Riobamba, tomando como puntos de referencia la Merced, Parque Sucre y la Condamine, determinando la contaminación y como afectan éstos en la vida diaria de los seres vivos que habitan ésta zona y qué es lo que se debe hacer para evitar estos efectos. Se trató el tema debido a la denuncia permanente de los ciudadanos del sector comercial de Riobamba por las enfermedades especialmente respiratorias que sufren continuamente.

Riobamba debe ser la ciudad que solucione inmediatamente el problema de la contaminación de material particulado tomando medidas preventivas para que los gases de contaminación no lleguen a niveles de alarma con una cultura participativa de todos los que somos parte de ella, autoridades y ciudadanos.

Para lo cual se debe realizar un control de las condiciones vehiculares a través de la creación de un verificentro que esté a cargo de las instituciones que tienen a su responsabilidad el tránsito vehicular con un marco legal apropiado y la aplicación de las leyes y reglamento de carácter ambiental.

## SUMMARY

This work is monitored air pollution from vehicles on the business zone in the city of Riobamba concerning particulate matter  $PM_{2.5}$  and internal combustion gases CO, NO,  $NO_2$  and  $SO_2$  to identify whether there is contamination higher than the norm and where appropriate to possible solutions involving the institutions that have responsibility for control in order to implement a Verificentro and a Strategic Plan to reduce the harm caused by pollution caused by vehicles over time.

With population growth, the economic situation and high growth of the Riobamba's city fleet, theoretically implies an increase in pollution data is desired to determine the extent of contamination and the need to implement a Verificentro and implementing a strategic plan to control and reduce existing contaminants and preventing further air pollution in the future.

This research through the experimental method conducted in 2009, obtained data concerning air condition  $PM_{2.5}$  and combustion gases emanating from the vehicles in the Mall of Riobamba, taking as reference the Merced Park, Sucre and La Condamine, determining the contamination and how these affect daily life of living beings that inhabit this zone and what to do to avoid these effects. It was this issue due to repeated citizens complaints of this business sector Riobamba especially respiratory diseases who suffer continuously.

Riobamba city must resolved immediately the problem of particulate matter pollution and preventive measures for pollution gases do not reach alarm levels with a culture of participation of all who are part of it, authorities and citizens.

Perform control vehicular conditions through the creation of a verificentro who is in charge of the institutions have the responsibility vehicular traffic with an appropriate legal framework to enforcement of laws and regulations of environmental character.

## INTRODUCCIÓN

En el año 2008 el Municipio de Riobamba ante la erupción del volcán Tungurahua y los problemas ocasionados por ello, firmó un convenio con el Municipio Metropolitano de Quito y la CORPAIRE, para monitorear la calidad del aire de la ciudad, donde se determina que el material particulado sedimentable registra violaciones de la Norma de Calidad del Aire. Referente a los gases contaminantes en el sector del centro de Riobamba se concluye que provienen únicamente de fuentes de combustión.<sup>1</sup>

Los continuos reclamos de la ciudadanía, relacionados a su salud especialmente en lo que se refiere a enfermedades respiratorias y que se aducía que no era solamente lo proveniente por la erupción del volcán Tungurahua, sino por fuentes de combustión relacionados a automotores y al no haber un estudio referente a este tema, motivó la realización de esta investigación.

La deficiente calidad del aire de nuestras ciudades<sup>2</sup> revela una planificación y gestión urbana faltas de coherencia y compromiso con los principios de un desarrollo urbano saludable y sostenible. Ahora mismo, se siguen produciendo fuertes presiones ambientales, mientras que, curiosamente, no se avanza en la ecoeficiencia de los procesos urbanos y siguen incrementándose los valores de la renta per cápita. Es decir, aparentemente somos más ricos pero sigue habiendo problemas importantes sobre la salud generados por un modelo de desarrollo ambientalmente ineficiente. Éste es un hecho que pone nuevamente de manifiesto que el crecimiento económico, por si mismo, no garantiza mayores niveles de calidad de vida y bienestar para los ciudadanos, cuando no se consigue disociar el crecimiento y el impacto ambiental con un tratamiento eficiente y equitativo de los costes externos de la contaminación. Uno de los más graves problemas que tenemos los habitantes del planeta Tierra es la contaminación del aire que respiramos, primordial para la vida.

Los elementos que participan en la contaminación del aire son los producidos por los fenómenos naturales como erupciones volcánicas y el uso abusivo del transporte particular y público.

El uso excesivo del automóvil provoca un alto grado de contaminación del aire y si le sumamos que muchos de ellos se encuentran en mal estado y despiden gran número

---

<sup>1</sup> Informe CORPAIRE calidad del aire Riobamba.

<sup>2</sup> Luis M. Jiménez Herrero. Director Ejecutivo del OSE (Observatorio de la Sostenibilidad en España)

de contaminantes que afectan directamente a la salud de los individuos, podremos darnos cuenta de lo mucho que podemos contribuir al ambiente.

El aire que respiramos está compuesto por 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno, 0.093% de argón y una porción de vapor de agua, cuando hablamos de contaminación del aire, nos referimos a la alteración de esta composición, producida por causas naturales o provocadas por el hombre, las primeras no se pueden evitar, pero las segundas, es nuestra obligación evitarlas. Las fuentes que provocan la contaminación del aire se clasifican en: fijas que son toda instalación establecida en un solo lugar que tenga como finalidad desarrollar operaciones y procesos industriales, comerciales y fuentes móviles, que son todo equipo o maquinaria no fijos, con motores de combustión y similares que con motivo de su operación generan emisiones contaminantes a la atmósfera; son éstas las que se consideran en el presente estudio.

Datos oficiales revelan que el transporte público de pasajeros, de carga y particulares, generan el 80% del total de los contaminantes a la atmósfera, el 3% lo representa la industria y el 10% restante el comercio y los servicios<sup>3</sup>.

Los principales contaminantes que despiden los vehículos automotores y que afectan la salud de la población, son: el monóxido de carbono, que se forma debido a la combustión incompleta en los motores de los vehículos que usan gasolina; los hidrocarburos que se forman por componentes de la gasolina y otros derivados del petróleo; los óxidos de nitrógeno, son contaminantes que por sí mismos no representan problema, pero al hacer contacto con la luz solar, produce compuestos tóxicos; El ozono que forma parte de la capa superior de la tierra y ayuda a filtrar los rayos ultravioletas provenientes del sol, pero si se encuentra a nivel del suelo se convierte en un contaminante muy poderoso; el plomo, se origina a partir de los combustibles que usan como aditivo antidetonante para gasolina y las partículas, que pueden flotar o sedimentarse y se conocen como partículas suspendidas totales. En la actualidad en el país ya no se produce gasolina con plomo de acuerdo a pronunciamientos dados a nivel oficial por Petroproducción lo que significa un avance para evitar la contaminación con este metal.

El primer Programa de Verificación Vehicular Obligatorio, tuvo carácter de voluntario en 1982, en 1987 se convirtió en obligatorio y anual para autos particulares modelos 1976 a 1982, la intención de esta medida era que para fines de 1988, la aplicación del

---

<sup>3</sup> QUITO INVENTARIO DE EMISIONES DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO 2007

programa fuera gradual hasta abarcar todos los autos particulares. Desde 1988 el programa se convirtió en semestral y obligatorio.

En algunas ciudades encontramos los verificentros<sup>4</sup>, como empresas particulares encargadas de llevar a cabo la labor de inspeccionar los vehículos para determinar si se encuentran en buenas condiciones para su circulación; cuentan con equipo especializado que mide los siguientes gases: óxidos de nitrógeno, hidrocarburos, monóxido de carbono, bióxido de carbono y oxígeno, éstos supervisados por las autoridades, dichos verificentros cuentan con candados como son: la grabación en video de las verificaciones durante todo el día, el conteo electrónico del número de vehículos que ingresan y salen del verificentro, auditorias técnicas, administrativas y de calibración, bitácoras de operación, imagen interior y exterior, así como los señalamientos de información y seguridad, reportes semanales, buzón de quejas, etc.

Para tener un aire más limpio, es necesario que contribuyamos a mejorar nuestro entorno y quienes por comodidad personal contribuimos a una mayor contaminación por los vehículos que poseemos es una obligación mantener en perfectas condiciones el vehículo por varias razones, seguridad, confort y menor contaminación.

Otro de los problemas que tiene la contaminación del aire son las partículas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> estas últimas son las que se considera dentro del presente estudio en vista de que son las partículas consideradas pequeñas y que afectan más a la salud especialmente al sistema respiratorio adhiriéndose a las paredes de las vías respiratorias o viajan profundamente a los pulmones, siendo en este caso un efecto más severo; estas partículas generalmente son provenientes de medios naturales y lo que se desea es determinar la cantidad de material particulado de 2,5 micrones, producidas por la emisión de los gases de los motores a combustión de los vehículos.

La naturaleza es de todos y está en nuestras manos el conservarla para legar a nuestros hijos un ambiente sano.

---

<sup>4</sup> Quito EX-CORPAIRE Corporación para el mejoramiento del Aire de Quito.  
Cuenca CUENCAIRE Corporación para el mejoramiento del Aire de Cuenca

## JUSTIFICACIÓN

En los últimos años la ciudad de Riobamba ha visto amenazado su ambiente, concretamente el aire por dos situaciones; la primera de origen natural, esto es por la erupción del volcán Tungurahua y la segunda por el incremento del parque automotor.

Nos encontramos frente a un grave problema que es la presencia permanente de ceniza volcánica por la erupción del volcán Tungurahua, sea por la erupción directa del momento o por el arrastre de esta ceniza que se encuentra en sus alrededores y que son arrastradas hacia Riobamba por las corrientes de viento, lo que ha provocado una afección a la salud de los ciudadanos, especialmente de los niños que son los más afectados a lo que se suma el polvo por efecto de la deforestación de los campos alrededor de la ciudad.

La situación se agrava con las emisiones de los gases de combustión de automotores que se ha incrementado en estos últimos años en un número considerable y que muchos de ellos no están en condiciones adecuadas de funcionamiento por lo que se aumenta el grado de contaminación. La concentración de los automotores, especialmente en las denominadas horas pico en el centro comercial de la ciudad intensifica la contaminación; está bajo nuestra responsabilidad el controlar este tipo de contaminación, de allí la importancia de realizar un estudio del material particulado y de los gases de combustión producidas por los automotores en este sector con miras a controlar y reducir la contaminación del aire para proteger el ambiente y la salud de los ciudadanos.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

- Mitigar la contaminación del aire por material particulado  $PM_{2.5}$  y gases de combustión de automotores en el centro comercial de Riobamba

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Monitorear la contaminación del aire proveniente de los gases de combustión de automotores CO, NO,  $NO_x$  y  $SO_x$ .
- Monitorear la contaminación del aire con material particulado  $PM_{2.5}$  proveniente de los automotores.
- Desarrollar una propuesta del Plan de MITIGACIÓN Ambiental

## HIPÓTESIS

- La contaminación del aire por gases de combustión y material particulado  $PM_{2.5}$  en el Centro Comercial de Riobamba está fuera de la norma de calidad del aire ambiente TULAS, Libro VI Anexo 4.

## CAPÍTULO 1

### 1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Partimos de los conceptos generales del aire y sus contaminantes así:

#### 1.1 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AIRE

##### 1.1.1 Propiedades físicas

- Es de menor peso que el agua.
- Es de menor densidad que el agua.
- Tiene Volumen indefinido.
- No existe en el vacío.
- Es incoloro, inodoro e insípido.

##### 1.1.2 Propiedades químicas

- Reacciona con la temperatura condensándose en hielo a bajas temperaturas y produce corrientes de aire.
- Está compuesto por varios elementos entre ellos el oxígeno (O<sub>2</sub>) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), elementos básicos para la vida.

#### 1.2 COMPOSICIÓN DEL AIRE PURO

De acuerdo con la altitud, composición, temperatura y otras características, la atmósfera que rodea a la Tierra y comprende las siguientes capas o regiones:

- **Tropósfera.** Alcanza una altura media de 12 km. (es de 7km. En los polos y de 16km. En los trópicos) y en ella encontramos, junto con el aire, polvo, humo y vapor de agua, entre otros componentes.
- **Estratósfera.** Zona bastante fría que se extiende de los 12 a los 50km de altura; en su capa superior (entre los 20 y los 50km) contiene gran cantidad de ozono (O<sub>3</sub>), el cual es de enorme importancia para la vida en la tierra porque absorbe la mayor parte de los rayos ultravioleta del sol.

- **Mesósfera.** Zona que se sitúa entre los 50 y los 100 km de altitud; su temperatura media es de 10 °C; en ella los meteoritos adquieren altas temperaturas y en su gran mayoría se volatilizan y consumen.
- **Ionósfera.** Empieza después de los 100 km. Y va desapareciendo gradualmente hasta los 500km de altura. En esta región, constituida por oxígeno (O<sub>2</sub>), la temperatura aumenta hasta los 1000°C; los rayos X y ultravioleta del Sol ionizan el aire enrarecido, produciendo átomos y moléculas cargados eléctricamente (que reciben el nombre de iones) y electrones libres.
- **Exósfera.** Comienza a 500 km. de altura y extiende más allá de los 1000 km; está formada por una capa de helio y otra de hidrógeno. Después de esa capa se halla una enorme banda de radiaciones (conocida como magnetósfera) que se extiende hasta unos 55.000 km de altura , aunque no constituye propiamente un estrato atmosférico.

El aire limpio y puro forma una capa de aproximadamente 500,000 millones de toneladas que rodea la Tierra, su composición es la siguiente:

**TABLA 1-1 COMPOSICIÓN DEL AIRE**

Componente		Concentración aproximada
Nitrógeno	(N)	78.03% en volumen
Oxígeno	(O)	20.99% en volumen
Dióxido de Carbono	(CO <sub>2</sub> )	0.03% en volumen
Argón	(Ar)	0.94% en volumen
Neón	(Ne)	0.00123% en volumen
Helio	(He)	0.0004% en volumen
Criptón	(Kr)	0.00005% en volumen
Xenón	(Xe)	0.000006% en volumen
Hidrógeno	(H)	0.01% en volumen
Metano	(CH <sub>4</sub> )	0.0002% en volumen
Óxido nitroso	(N <sub>2</sub> O)	0.00005% en volumen
Vapor de Agua	(H <sub>2</sub> O)	Variable
Ozono	(O <sub>3</sub> )	Variable
Partículas		Variable

FUENTE: DAVIS MACKENZIE. Ingeniería y ciencias ambientales.2005. Ed. McGraw-Hill. México D.F.

### 1.3 CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

La contaminación del aire es uno de los problemas ambientales más importantes, y es resultado de las actividades del hombre. Las causas que originan esta contaminación son diversas, pero el mayor índice es provocado por las actividades industriales, comerciales, domésticas y agropecuarias.

El hombre ha comprendido que los recursos del planeta no son renovables a corto plazo y que cada acto que se lleva a cabo en la Tierra, por ínfimo que sea o parezca, repercute en toda ella. En principio hay dos posiciones distintas, la de los países en vías de desarrollo y la de los países desarrollados.

En los primeros, las preocupaciones ecológicas deben considerar dos aspectos; las condiciones fundamentales para una vida digna, y una calidad de vida sana; mientras que en los países desarrollados, donde ya lograron satisfacer las condiciones básicas para vivir, pueden ahora discutir sobre la calidad de vida.

En las grandes ciudades<sup>5</sup>, la contaminación del aire se debe en un porcentaje alto, al escapes de gases de los motores de explosión, a los aparatos domésticos de la calefacción, a las industrias que es liberado en la atmósfera, ya sea como gases, vapores o partículas sólidas capaces de mantenerse en suspensión, con valores superiores a los normales; perjudicando la vida y la salud, tanto del ser humano como de animales y plantas.

Esta capa (la atmósfera) absorbe la mayor cantidad de radiación solar y debido a esto se produce la filtración de todos los rayos ultravioletas. El aumento de anhídrido carbónico en la atmósfera se debe a la combustión del carbón y del petróleo, lo que lleva a un recalentamiento del aire y de los mares, con lo cual se produce un desequilibrio químico en la biósfera, produciendo una alta cantidad de monóxido de carbono, sumamente tóxica para los seres vivos.

También hay otras sustancias tóxicas que contaminan la atmósfera<sup>6</sup> como el plomo y el mercurio. Es importante que los habitantes de las grandes ciudades tomen conciencia de que el ambiente ecológico es una necesidad primaria.

Se debería legislar sobre las sustancias que pueden liberarse a la atmósfera y la concentración máxima permisible.

---

<sup>5</sup> OSE Calidad de aire en las ciudades: clave de la sostenibilidad urbana. Observatorio de la sostenibilidad de España. Madrid España.

<sup>6</sup> Davis Mackenzie. Ingeniería y Ciencias Ambientales. 2005. Ed. McGraw-Hill. Mexico D.F.

El aire contaminado nos afecta en el diario convivir, manifestándose de diferentes formas en nuestro organismo, como la irritación de los ojos y trastornos en las membranas conjuntivas, irritación en las vías respiratorias, agravación de las enfermedades bronco-pulmonares, etc.

#### **1.4 FUENTES DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES**

Los contaminantes atmosféricos son compuestos que, una vez añadidos al aire por medio de las actividades humanas causan, ya sea daños al ambiente o enfermedades, y aun la muerte.

Virtualmente toda la contaminación del aire proviene del fuego. Algunos contaminantes están atrapados dentro del combustible y se desprenden por medio del fuego. Otros se crean por medio del calor de la combustión; además resultan de los productos de combustión al reaccionar con otros elementos químicos en la atmósfera.

Todos los combustibles que se utilizan hoy en día carbón de piedra, petróleo, gasolina, madera, estiércol o lo que sea contienen carbono. Si el combustible se quema completamente, produce dióxido de carbono, lo cual contribuye al calentamiento global.

Cuando la combustión es incompleta, se produce el contaminante monóxido de carbono. Sin embargo, el combustible no es carbono puro. Puede contener muchos compuestos que contaminan el aire.

Son conocidos como fuentes de emisión de contaminantes todas aquellas que emiten contaminación al aire, sea esta contaminación al aire por material particulado o por gases de combustión. Las fuentes de emisión de contaminantes se dividieron en dos tipos, Fuentes Fijas y Fuentes Móviles. Un ejemplo de las Fuentes Fijas son las chimeneas de las industrias, debido a que se encuentran fijas, otro de los ejemplos de Fuentes Fijas son las actividades de remoción de tierra, escombros. Un ejemplo de las Fuentes Móviles son los tubos de escape de los vehículos, camiones, motos, motocicletas etc. debido a que éstos se encuentran en movimientos, por ende su contaminación es emitida en varios lugares.

## 1.5 TIPOS DE CONTAMINANTES

Existen varias formas de clasificar los contaminantes que se emiten al aire. Para el desarrollo de esta investigación utilizaremos la forma más conocida, la cual es Contaminante Primario y Contaminante Secundario.

### 1.5.1 Primarios

Son los que permanecen en la atmósfera tal y como fueron emitidos por la fuente. Para fines de evaluación de la calidad del aire se consideran: óxidos de azufre, monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, hidrocarburos y partículas.

### 1.5.2 Secundarios

Son los que han estado sujetos a cambios químicos, o bien, son el producto de la reacción de dos o más contaminantes primarios en la atmósfera. Entre ellos destacan oxidantes fotoquímicos y algunos radicales de corta existencia como el ozono (O<sub>3</sub>).

A nivel nacional, la contaminación atmosférica se limita a las zonas de alta densidad demográfica o industrial. Las emisiones anuales de contaminantes en el país son superiores a 16 millones de toneladas, el 65% es de origen vehicular.

En la ciudad de México<sup>7</sup> se genera 23.6% de dichas emisiones, en Guadalajara el 3.5%, y en Monterrey el 3%. Los otros centros industriales del país generan el 70% restante.

### 1.5.3 Partes por millón (ppm)

Para determinar la concentración de una sustancia química en un volumen se utilizan las partes por millón de partes iguales. Cada millonésima parte de este volumen, correspondiente a la sustancia de nuestro interés, se considera una parte por millón de la sustancia.

Las ppm se utilizan para determinar concentraciones muy pequeñas de gases en la atmósfera.

---

<sup>7</sup> ESPERT A. VICENT. Dispersión de contaminantes en la atmósfera. Ed. Alfaomega. Universidad Politécnica de Valencia. México

#### 1.5.4 Partes por billón (ppb)

Para determinar la concentración de sustancia química en un volumen se utilizan las partes por billón. Se divide el volumen en un billón de partes iguales. Cada billonésima parte de este volumen, correspondiente a la sustancia de nuestro interés, se considera una parte por billón de la sustancia.

Las ppm se utilizan para determinar concentraciones muy pequeñas de gases en la atmósfera.

#### 1.6 ¿QUÉ SON LAS PARTÍCULAS?

Son partículas que flotan en el aire dando como resultado una contaminación, la mayoría de ellas no pueden ser vistas. De hecho, las partículas pueden ser lo que más comúnmente afecte la salud de las personas.

Las partículas pueden existir en cualquier forma, tamaño y pueden ser partículas sólidas o gotas líquidas. Dividimos a las partículas en dos grupos principales. Estos grupos difieren en varias formas. Una de las diferencias es el tamaño. A las más grandes las llamamos  $PM_{10}$  y las más pequeñas les llamamos  $PM_{2.5}$ .

**Grandes:** Las partículas grandes miden entre 2.5 y 10 micrómetros (de 25 a 100 veces más delgadas que un cabello humano). Estas partículas son llamadas  $PM_{10}$  (decimos PM diez, significa partículas de hasta 10 micrómetros en tamaño). Estas partículas causan efectos menos severos para la salud.

**Pequeñas:** Las partículas pequeñas son menores a 2.5 micrómetros (100 veces más delgadas que un cabello humano) . Estas partículas son conocidas como  $PM_{2.5}$  (decimos PM dos punto cinco, como en partículas de hasta 2.5 micrómetros en tamaño).

#### 1.7 MATERIAL PARTICULADO

Material Particulado es un término empleado para describir material sólido y líquido suspendido en el aire. Para poder realizar una clasificación del material particulado se parte de un supuesto, éste es, que toda partícula tiene forma esférica. Este supuesto

nos ayuda a determinar el tamaño de las partículas mediante la introducción de un nuevo concepto el cual es diámetro equivalente o diámetro aerodinámico de la partícula.

Las partículas no contienen una forma determinada, su forma es porosa y variada. Se conoce como diámetro equivalente de una partícula al diámetro de una partícula esférica. Estas dos partículas, la de forma irregular y la esférica, deben presentar igual densidad, así mismo debe mantener igual comportamiento a los distintos fenómenos como la inercia.

El parámetro más importante para determinar la dinámica de una partícula es su tamaño. La siguiente tabla muestra los tamaños de partículas más comunes que se encuentran en los hogares y en las industrias.

**TABLA 1-2 TAMAÑOS DE PARTICULA SEGÚN SU ORIGEN**

Descripción	Tamaño de la partícula
Partículas producidas por el proceso de combustión	$D_p < 1 \mu\text{m}$
Partículas producidas por el proceso de maquinado	$D_p > 1 \mu\text{m}$
Partículas respirables, capaces de ingresar hasta los alveolos	$D_p < 2 \text{ o } 3 \mu\text{m}$
Partículas inhalables	$D_p < 10 \mu\text{m}$
Partículas visibles a simple vista	$D_p > 10 \mu\text{m}$

FUENTE: Calidad del aire en las ciudades: clave de la sostenibilidad urbana. OSE

Para que el material particulado se mantenga suspendido en el aire debe tener un diámetro equivalente muy pequeño.

Este diámetro debe ser menor a  $500 \mu\text{m}$  siendo  $1\mu\text{m} = 10^{-4} \text{ cm}$ , con diámetros menores al indicado el material particulado se mantiene suspendido desde pocos minutos hasta meses. El material particulado menor a  $500 \mu\text{m}$  es llamado también partículas respirables las cuales ingresan a nuestro sistema respiratorio causando enfermedades.

Los tamaños de partícula más estudiados son los de diámetro equivalente menor a 10 micrómetros y se los designa como PM<sub>10</sub> por sus siglas en inglés (Particular Matter), que son los de diámetro equivalente menor a 2,5 micrómetros designados como PM<sub>2.5</sub>. El tamaño no es la única diferencia, cada tipo de partícula está hecha de diferente material y provienen de diferentes lugares.

Las partículas finas PM<sub>2.5</sub> son generalmente compuestos orgánicos y metales pesados producidos por los gases emanados por motores de combustión.

En el presente estudio se considera estas partículas PM<sub>2.5</sub> debido a que por su tamaño de 2.5 micrones tiene una alta incidencia en la salud humana y pueden encontrarse a grandes distancias de su punto de origen por lo que se tiene un mayor efecto en el ambiente.

## **1.8 PARTÍCULAS SUSPENDIDAS EN SU FRACCIÓN RESPIRABLE (PM<sub>2.5</sub>)**

### **1.8.1 Criterios para evaluar la calidad del aire**

150 µg/m<sup>3</sup> (microgramos sobre metro cúbico) en un promedio de 24 horas.

### **1.8.2 Características del contaminante**

Partículas sólidas o líquidas dispersas en la atmósfera (su diámetro va de 0.1 a 2.5 µg) como polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen. La fracción respirable de PST, conocida como PM<sub>2.5</sub>, está constituida por aquellas partículas de diámetro es inferior a 2.5 micras, que tienen la particularidad de penetrar en el aparato respiratorio hasta los alvéolos pulmonares.

### **Fuentes principales**

Combustión industrial y doméstica del carbón, petróleo y diesel; procesos industriales; incendios; erosión eólica y erupciones volcánicas.

### **Efectos principales**

Salud: Irritación en la vías respiratorias; su acumulación en los pulmones origina enfermedades como silicosis y la asbestosis. Agravan el asma y las enfermedades cardiovasculares.

- Materiales: Deterioro en materiales de construcción y otras superficies.
- Vegetación: Interfieren en la fotosíntesis.
- Otros: Disminuyen la visibilidad y provocan la formación de nubes.

**TABLA 1-3 UNIDADES EMPLEADAS PARA EL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE**

PARÁMETRO	CLAVE	UNIDAD	RED
Monóxido de Carbono	CO	ppm	
Dióxido de azufre	SO <sub>2</sub>	ppm	
Dióxido de nitrógeno	NO <sub>2</sub>	ppm	MONITOREO AUTOMÁTICO
Ozono	O <sub>3</sub>	ppm	
Óxido de nitrógeno	NO <sub>x</sub>	ppm	
Acido sulfhídrico	H <sub>2</sub> S	ppm	
Partículas menores a 10 micras	PM-10	ug/m <sup>3</sup>	
Partículas suspendidas	PST	ug/m <sup>3</sup>	
Plomo	Pb	ug/m <sup>3</sup>	
Cobre	Cu	ug/m <sup>3</sup>	MONITOREO MANUAL
Hierro	Fe	ug/m <sup>3</sup>	
Cadmio	Cd	ug/m <sup>3</sup>	
Níquel	Ni	ug/m <sup>3</sup>	
Temperatura	TMP	°C	
Humedad Relativa	RH	% de Hum. Rel	MONITOREO METEOROLÓGICO
Velocidad del viento	WSP	metros por segundo	
Dirección del viento	WDR	grados	

FUENTE: Anexo 4, Norma de Calidad del Aire Ambiente del TULAS.

## 1.9 ÍNDICE METROPOLITANO DE LA CALIDAD DEL AIRE

El índice de la calidad del aire, se define como un valor representativo de los niveles de contaminación atmosférica y sus efectos en la salud, dentro de una región determinada.

### 1.10 OXÍGENO Y COMBUSTIÓN

Combustión es sinónimo de oxidación y, como ya se indicó consiste en la unión del oxígeno con la sustancia combustible.

Los combustibles pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos:

- Sólidos: carbonos, lignitos, coques, maderas y residuos combustibles de procesos de fabricación.
- Líquidos: alcohol, petróleo, sus derivados, y algunas veces breas.
- Gases: gas natural (el que sale de la tierra) y gases fabricados obtenidos principalmente del carbón.

La presencia del oxígeno (gas) pone de manifiesto su propiedad de comburencia la combinación de éste con otros elementos se llama oxidación.

Cuando las oxidaciones son rápidas y generan en poco tiempo gran cantidad de energía calorífica y luminosa, se denominan combustiones. Para que la combustión se realice el combustible o sustancia puede arder al combinarse rápidamente con el oxígeno dando como resultado luz y calor, y un comburente, el cual es un elemento o sustancia que al combinarse químicamente con otro, provoca la combustión de éste.

### 1.11 CALIDAD DEL AIRE<sup>8</sup>

Respirar aire limpio y sin riesgos para la salud es un derecho inalienable de todo ser humano.

La calidad del aire, o mejor dicho su degradación o contaminación, es el resultado de fenómenos complejos derivados de una pluralidad de causas y efectos asociados, en general, a la actividad humana y a la emisión de contaminantes a la atmósfera.

---

<sup>8</sup> Calidad del aire en las ciudades: clave de la sostenibilidad urbana. OSE

## 1.12 LÍNEA BASE

Denota el estado de un sistema alterado en un momento particular, antes de un cambio posterior. Se define también como las condiciones en el momento de la investigación dentro de un área que puede estar influenciada por actividades humanas.

## 1.13 GASES DE COMBUSTIÓN<sup>9</sup>

Los gases emitidos por un motor de combustión interna de gasolina son, principalmente, de dos tipos: inofensivos y contaminantes.

Los primeros están formados, fundamentalmente, por nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, vapor de agua e hidrógeno. Los segundos o contaminantes están formados, fundamentalmente, por el monóxido de carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y plomo.

### 1.13.1 Inofensivos

El Nitrógeno es un gas inerte que se encuentra presente en el aire que respiramos en una concentración del 79%. Debido a las altas temperaturas existentes en el motor, el nitrógeno se oxida formando pequeñas cantidades de óxidos de nitrógeno, aunque sea un gas inerte a temperatura ambiente.

El Oxígeno es uno de los elementos indispensables para la combustión y se encuentra presente en el aire en una concentración del 21%. Si su mezcla es demasiado rica o demasiado pobre, el oxígeno no podrá oxidar todos los enlaces de hidrocarburos y será expulsado con el resto de los gases de escape.

El vapor de agua se produce como consecuencia de la combustión, mediante la oxidación del hidrógeno, y se libera junto con los gases de escape.

El Dióxido de Carbono producido por la combustión completa del carbono no resulta nocivo para los seres vivos y constituye una fuente de alimentación para las plantas

---

<sup>9</sup> Tabla 1 del Anexo 4, Norma de Calidad del Aire Ambiente del TULAS.  
Se aplica la Norma EPA (Environmental Protection Agency)

verdes, gracias a la fotosíntesis. Se produce como consecuencia lógica de la combustión, es decir, cuanto mayor es su concentración, mejor es la combustión. Sin embargo, un incremento desmesurado de la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera puede producir variaciones climáticas a gran escala (el llamado efecto invernadero).

### 1.13.2 Contaminantes

El Monóxido de Carbono, en concentraciones altas y tiempos largos de exposición puede provocar en la sangre la transformación irreversible de la hemoglobina, molécula encargada de transportar el oxígeno desde los pulmones a las células del organismo, en carboxihemoglobina, incapaz de cumplir esa función. Por eso, concentraciones superiores de CO al 0,3 % en volumen resultan mortales.

La falta de oxígeno en la combustión hace que ésta no se produzca completamente y se forme monóxido de carbono en lugar de dióxido de carbono. En un vehículo, la aparición de mayores concentraciones en el escape de CO indica la existencia de una mezcla inicial rica o falta de oxígeno.

Los Hidrocarburos, dependiendo de su estructura molecular, presentan diferentes efectos nocivos. El benceno, por ejemplo, es venenoso por sí mismo, y la exposición a este gas provoca irritaciones de piel, ojos y conductos respiratorios; si el nivel es muy alto, provocará depresiones, mareos, dolores de cabeza y náuseas. El Benceno es uno de los múltiples causantes de cáncer. Su presencia se debe a los componentes incombustibles de la mezcla o a las reacciones intermedias del proceso de combustión, las cuales son también responsables de la producción de aldehídos y fenoles.

La presencia simultánea de hidrocarburos, óxidos de nitrógeno, rayos ultravioleta y la estratificación atmosférica conduce a la formación del smog fotoquímico, de consecuencias muy graves para la salud de los seres vivos.

Los Óxidos de Nitrógeno no sólo irritan la mucosa sino que en combinación con los Hidrocarburos contenidos en el smog y con la humedad del aire producen ácidos nitrosos, que posteriormente caen sobre la tierra en forma de lluvia ácida y contaminan

grandes áreas, algunas veces situadas a cientos de kilómetros del lugar de origen de la contaminación.

El Plomo es el metal más peligroso contenido en los aditivos del combustible. Inhalado puede provocar la formación de coágulos o trombos en la sangre, de gravísimas consecuencias patológicas. Se encuentra presente en las gasolinas en forma de Tetra-étilo de plomo y se utiliza en su producción para elevar su índice de octano y, también, en motorizaciones antiguas como lubricante de los asientos de válvulas. En las gasolinas sin plomo se ha sustituido este metal por otros componentes menos contaminantes que también proporcionan un alto índice de octano.

## **1.14 MATERIALES Y MÉTODOS**

### **1.14.1 Métodos de medición de material particulado**

Existen varios métodos certificados por la EPA Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (EPA por sus siglas en inglés) para la medición de material particulado, entre los cuales tenemos el método gravimétrico, este método puede ser dividido en varias maneras:

Método gravimétrico mediante captación de partículas en envases abiertos (método 502 del EPA), método gravimétrico mediante muestreador de alto caudal o de bajo caudal<sup>10</sup>.

Existen también métodos alternativos que son utilizados en varios casos como son: métodos de medición continua, como micro balanza oscilante o atenuación beta.

### **1.14.2 Equipos de medición para material particulado**

Entre los diferentes y variados equipos que podemos encontrar que realicen mediciones de concentración de material particulado expondremos dos grandes grupos los cuales son los más utilizados, equipos que utilizan el método gravimétrico de alto caudal y los equipos que utilizan el principio de la dispersión de luz.

---

<sup>10</sup> Anexo 4, Norma de Calidad del Aire Ambiente del TULAS.  
Se aplica la Norma EPA (Environmental Protection Agency)

Los equipos que utilizan el método gravimétrico de alto caudal pueden utilizar filtros cuadrados de 30 x 30cm. donde es captado el material particulado, un ejemplo de estos equipos es el Anderson para medir  $PM_{10}$  (ver figura PARTISOL) este equipo utiliza una bomba de succión de alto caudal y cuenta con una compleja distribución de impactadores con los cuales filtran las partículas totales para medir solo material particulado menor a 10  $\mu m$  ( $PM_{10}$ ). Otro ejemplo de estos equipos es el Partisol, este equipo permite medir material particulado menor a 10 $\mu m$  o material particulado menor a 2.5  $\mu m$ , la diferencia está en el impactador removible con el cual está equipado, utiliza filtros de 37mm de diámetro, dependiendo del modelo puede adaptarse un anemómetro para medir la dirección y velocidad del viento.

Una de las mayores ventajas que presentan estos equipos es su robustez para ser utilizados en exteriores y la exactitud de los resultados obtenidos, depende fundamentalmente de la precisión de la balanza que se utiliza para medir el peso de los filtros utilizados, sin embargo el tiempo que lleva obtener los resultados de una medición es alrededor de 3 a 4 días lo cual es una desventaja ante los equipos que se expone a continuación.

Equipo Andersen de alto Caudal para medir  $PM_{10}$  Utiliza el método gravimétrico mediante muestreador de alto caudal.

FIGURA 1-1 EQUIPO ANDERSEN

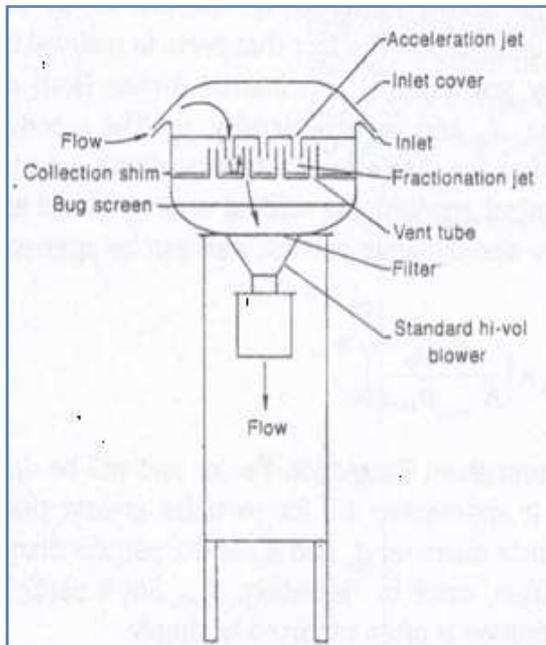


FIGURA 1-2 EQUIPO PARTISOL



El segundo gran grupo para medir la concentración de material particulado son los equipos que utilizan el principio de la dispersión de luz para calcular la concentración de material particulado. Estos equipos utilizan diferentes impactadores para poder medir  $PM_{10}$  o  $PM_{2.5}$ , utilizan un sensor óptico para detectar y medir el material particulado en concentraciones de hasta 100 miligramos por metro cúbico ( $mg/m^3$ ), adicionalmente utilizan una bomba de bajo caudal de flujo continuo la cual es utilizada también para la purga del equipo, asegurando así mediciones exactas.

Entre este tipo de equipo tenemos el DustScan modelo 3030 y el Monitor de material particulado Thermo modelo ADR- 1200S, ambos equipos han sido diseñados para realizar mediciones en ambientes exteriores como en ambientes interiores, pero la desventaja con la que cuentan estos equipos es los daños que sufre ante la exposición a variaciones de voltaje, por utilizar una bomba de bajo caudal ésta debe siempre mantener un voltaje constante para evitar un daño.

Una de las mayores ventajas que presentan estos equipos es la rapidez con que se obtienen los resultados, esto debido a que utilizan un software para almacenar los datos registrados, y su monitoreo continuo.

A continuación el equipo utilizado en el presente estudio.

**FIGURA 1-3 EQUIPO TISH ENVIRONMENTAL**  
**Metodología de monitoreo de la calidad de aire ambiente**



Los métodos de muestreo aplicados para el monitoreo de los contaminantes comunes del aire ambiente son aquellos métodos estándares establecidos en la Tabla 2 del Anexo 4, Norma de Calidad del Aire Ambiente del TULAS.

**TABLA 1-4 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS**

Agente contaminante	Método de análisis
Material particulado PM <sub>2.5</sub>	Método gravimétrico, mediante muestreador de alto caudal.
Óxidos de nitrógeno	Sensores electroquímicos

FUENTE: Tabla 2 del Anexo 4, Norma de Calidad del Aire TULAS

**FIGURA 1-4 VRAE Gases de Combustión<sup>11</sup>**

Los sensores adecuados para la determinación del oxígeno así como para  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$  y  $\text{NO}_x$  funcionan según el principio electroquímico de *potenciometría selectiva de ión*.

Se rellenan los sensores, concretamente para esta tarea de medición, con una solución electrolítica acuosa. Se colocan dos o tres electrodos (de nuevo, específicos para esta tarea) con un campo eléctrico aplicado.

Los sensores están sellados con el exterior mediante una membrana permeable al gas.

El diseño en detalle y el principio de operación difieren según el componente del gas que se mide, tal como se demuestra en los siguientes dos ejemplos:

#### Ejemplo 1: Sensor de oxígeno (2 electrodos)

El gas de combustión respecto a las moléculas de oxígeno atraviesa la membrana y llega al cátodo del sensor.

Debido a la composición material del cátodo, tiene lugar una reacción química que provoca la liberación de iones  $\text{OH}$  (iones = partículas con carga) procedentes del cátodo. Los iones libres migran a través del líquido electrolito al ánodo del sensor y de este modo se genera una corriente eléctrica en el circuito eléctrico externo que es proporcional a la concentración de oxígeno.

#### Ejemplo 2: Sensores de $\text{CO}$ , $\text{SO}_2$ y $\text{NO}_x$ (sensores de tres electrodos)

Para determinar gases como  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$  o  $\text{NO}_x$ , se utilizan sensores de tres electrodos.

El principio de operación se explica a continuación utilizando el sensor de  $\text{CO}$  como ejemplo.

<sup>11</sup> [www.icon-sa.com/Analizador%20de%20Gases%20de%20Combustio...](http://www.icon-sa.com/Analizador%20de%20Gases%20de%20Combustio...)

Las moléculas de monóxido de carbono (CO) atraviesan la membrana permeable al gas y se dirigen al electrodo sensor del sensor. En él se produce una reacción química que origina la formación de iones  $H^+$  que migran del electrodo sensor al electrodo contador. En el electrodo contador, se produce una segunda reacción química con la ayuda del oxígeno del aire fresco. Esta segunda reacción provoca una corriente que circula en el circuito externo. La corriente puede evaluarse como medida de la concentración de monóxido de carbono. El electrodo de referencia sirve para estabilizar la señal del sensor.

La vida útil de este tipo de sensor es de aproximadamente 2 años.

A continuación exponemos los materiales y métodos utilizados por **Laboratorio CESTTA** utiliza para los análisis donde se realizó este estudio:

### 1.14.3 Determinación del material particulado $pm_{2.5}$ en aire ambiente

#### Objeto

Definir la sistemática utilizada por LAB-CESTTA para la determinación de Material Particulado  $PM_{2.5}$  en aire ambiente.

#### Interferencias

Las posibles interferencias con el método son:

Partículas volátiles: Las partículas volátiles colectadas en los filtros a menudo son pérdidas durante el envío y/o almacenaje de los filtros, previo a pesar lo muestreado; aunque la pérdida por almacenamiento o envío son a veces inevitables, los filtros deben ser pesados lo más pronto como práctica para minimizar estas pérdidas.

El manejo cuidadoso de los filtros entre las pesadas de premuestreo y postmuestreo es necesario para evitar errores debido a daños en los filtros o pérdida de partículas colectadas en los filtros. El empleo de un filtro cartucho o cassette puede reducir la magnitud de estos errores.

Variación de velocidad de flujo: Las variaciones de la velocidad de flujo en las operaciones de muestreo puede alterar las características de discriminación del tamaño

de las partículas en la entrada del muestreador. La magnitud de este error dependerá de variaciones en la entrada de la velocidad de flujo y de la distribución de las partículas en la atmósfera durante el período de muestreo.

Determinación de Volumen de aire: Los errores en la determinación de volumen de aire pueden resultar de errores en la velocidad de flujo y/o medidas del tiempo de muestreo. El dispositivo de control de flujo sirve para minimizar errores en la determinación de velocidad de flujo, y un medidor del transcurso de tiempo es requerido para minimizar el error en la medida de tiempo de muestreo.

La humedad también es un interferente a la hora del pre-pesado y post-pesado.

### **Definición**

El Material Particulado (MP) es una compleja mezcla de partículas suspendidas en el aire las que varían en tamaño y composición dependiendo de sus fuentes de emisiones. Las partículas de fuentes móviles tienden a caer en una distribución bimodal referidas como “modo de núcleos” y “modo de acumulación”. Las partículas de modo de núcleos son de un diámetro inferior a 0,05 micrones (micrón = 1 millonésima de metro) y están generalmente compuestas de hidrocarburos, sulfuro y cenizas metálicas. Las partículas de modo de acumulación tienen un rango de tamaño desde 0,05 a 0,5 micrones y contienen carbono elemental y orgánico, nitrato, sulfato, y diferentes cenizas metálicas. Después de su emisión, las partículas experimentan reacciones químicas en el aire, por esto su composición y tamaño varían dependiendo de la proximidad a las fuentes, el clima y otros factores. Las partículas ambientales generalmente caen dentro de una distribución de tres modos: ultrafino (< 0,1 micrones), fino (entre 0.1 y 1 micrones), y grueso (>1 micrones). La Agencia de Protección del Ambiente de Estados Unidos y otras agencias alrededor del mundo regulan el nivel de partículas en el ambiente de un diámetro inferior a 10 micrones ( $MP_{10}$ ). Algunas agencias, incluyendo la EPA de Estados Unidos, también regulan las partículas inferiores a 2,5 micrones de diámetro ( $MP_{2.5}$ ).

El material particulado  $PM_{2.5}$ , comprende las partículas con un diámetro inferior a 2,5 micrómetros  $PM_{2.5}$ , son un indicador que presenta la cantidad de partículas suspendidas que no se emiten directamente al aire si no que se forman en la atmósfera como producto de reacciones químicas y procesos físicos; las partículas  $PM_{2.5}$  pueden alcanzar la cavidad alveolar y, por lo tanto, provocar daño en la salud de la población.

## Principio

Este método se basa en el uso de un muestreador de aire que delinea el aire ambiente con una velocidad de flujo constante hacia una entrada especialmente moldeada, donde el material particulado suspendido es inertemente separado en una o más fracciones dentro del rango de tamaño de  $PM_{2.5}$ . Cada fracción medida en el rango de tamaño de  $PM_{2.5}$  en un filtro separado por un período de tiempo especificado.

Cada filtro es pesado antes y después de su uso para determinar el peso neto ganado debido al  $PM_{2.5}$  colectado.

El volumen de aire muestreado, es corregido a condiciones de referencia EPA (25°C y 101,3 kPa), su valor es determinado para la velocidad de flujo y tiempo de muestreo.

La concentración de masa de  $PM_{2.5}$  en el aire ambiente, es calculado como la masa total de partículas colectadas en el rango de medida de  $PM_{2.5}$  dividido para el volumen de aire muestreado y expresado en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en condiciones estándar.

Para muestras de  $PM_{2.5}$  colectadas a presión y temperatura significativamente diferente a las condiciones de referencia EPA, estas concentraciones corregidas a veces difieren sustancialmente de las concentraciones reales (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), particularmente en altas concentraciones.

Aunque no requerido, la concentración real de  $PM_{2.5}$  puede ser calculada de la concentración corregida utilizando la temperatura ambiente promedio y la presión barométrica durante el período de muestreo.

## Instrumental

Muestreador  $PM_{2.5}$ . El muestreador está diseñado para:

- Dirigir la muestra de aire hacia la entrada del muestreador y por el filtro de colección de partícula, con una velocidad de cara y uniforme.
- Sostener y sellar el filtro en una posición horizontal de modo que la muestra de aire sea dirigida hacia abajo a través del filtro.
- Facilitar la instalación y desmontaje del filtro.
- Proteger el filtro y al muestreador de la precipitación, evitar insectos y otros escombros de ser muestreado.
- Reducir al mínimo las fugas de aire que causarían el error en la medida del volumen de aire que pasa por el filtro.

- Los gases de evacuación se descarga a una distancia suficiente de la entrada del muestreador para reducir al mínimo el muestreo de aire de gases de evacuación. Reducir al mínimo la colección de polvo de la superficie de apoyo.

El muestreador tiene un sistema de entrada de aire de la muestra que, manejado dentro de un rango una velocidad de flujo específica, proporcione características de discriminación de tamaño de partículas. La entrada del muestreador no mostrará ninguna dependencia de dirección de viento significativo. La última exigencia generalmente puede estar satisfecha por una forma de admisión que es circular simétrica sobre un eje vertical.

El muestreador tiene un dispositivo de control de flujo capaz de mantener la velocidad de flujo en las operaciones del muestreo dentro de los límites de la velocidad de flujo especificados para la entrada de muestreador sobre variaciones normales en línea de voltaje y filtro de caída de presión.

El muestreador proporciona los recursos de medida de la velocidad de flujo total durante el periodo de muestreo. Recomiendan a un registrador de flujo continuo, pero no requerido. El dispositivo de medida de flujo será exacto al  $\pm 2$  por ciento.

Un temporizador/ dispositivo de control de arranque y parada del muestreador puede ser utilizado para coleccionar una muestra por un período de  $24 \pm 1$  h. ( $1,440 \pm 60$  minutos). Un periodo de tiempo transcurrido exacto dentro de  $\pm 15$  minutos, puede ser usado para medir el tiempo de muestreo. Este medidor es opcional para muestreadores con registradores de flujo continuos si la medida de tiempo de muestreo obtenida mediante el registrador encuentra a  $\pm 15$  minutos de la especiación de exactitud.

### **Filtros.**

- Filtro Medio. Comercialmente ningún filtro es ideal desde todo punto de vista para los muestreadores.

Los objetivos del usuario en el muestreo determinan la importancia relativa de varias características del filtro (p.ej., costos, la facilidad de manejo, características físicas y químicas, etc.) y, por consiguiente, determinan la opción entre filtros aceptables. Además, ciertos tipos de filtros no pueden ser convenientes para el empleo con

algunos muestreadores, en particular en condiciones de carga pesadas (altas concentraciones de masas) debido al aumento alto o rápido de la resistencia de flujo con filtro que excedería la capacidad del dispositivo de control de flujo del muestreador. Sin embargo, los catadores equipados con mecanismos automáticos que cambian filtro pueden permitir el empleo de estos tipos de filtros.

- Eficacia de Colección. El  $\geq 99$  por ciento, como medido por la prueba de DOP (ASTM-2986) con partículas de  $0.3 \mu\text{m}$  en la velocidad de cara a operaciones del muestreador.

- Integridad.  $\pm 5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . (Asumiendo un muestreo nominal de un volumen de muestra de aire de 24 horas) La integridad es medida como el equivalente de concentración  $\text{PM}_{2.5}$  correspondiente a la diferencia media entre: la inicial y los pesos finales de una muestra tomada al azar de los filtros de prueba que son pesados y manejados en condiciones de muestreo reales o simuladas, pero no tienen ninguna muestra de aire que pasó por ellos (p.ej., espacios en blanco con filtro). Como mínimo, el procedimiento de prueba debe incluir el equilibrio inicial y la pesada, la instalación sobre un muestreador inoperante, el retiro del muestreador, el equilibrio final y la pesada.

- Alcalinidad.  $< 25$  micro-equivalentes/gramo del filtro, medido según el procedimiento dado en la Referencia, después de por lo menos un almacenaje de dos meses en un ambiente limpio (libre de la contaminación por gases ácidos) en la temperatura ambiente y la humedad.

- Estándar de Transferencia de velocidad de flujo. El estándar de transferencia de la velocidad de flujo debe ser conveniente para las operaciones del muestreador y debe ser calibrado contra un flujo primario o un volumen estándar, que es detectable a la Oficina Nacional de Normas (NBS). La velocidad de flujo estándar transferida debe ser capaz de medir la velocidad de flujo en operaciones de muestreo con una exactitud de  $\pm 2$  por ciento.

#### **1.14.4 Método para la determinación de concentraciones del monóxido de carbono (CO), monóxido de nitrógeno (NO), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), en aire ambiente.**

Este procedimiento se aplica para la determinación de concentraciones de dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), monóxido de carbono (CO) y dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), en aire ambiente.

### **Interferencias**

Una posible interferencia con el método puede ser las temperaturas fuera de los rangos de operación del sistema que tienden a incidir en la señal de respuesta del sensor.

### **Definiciones**

A continuación se tratan los principales componentes de los gases de combustión.

#### **Monóxido de carbono (CO)**

El monóxido de carbono es un gas incoloro, inodoro y tóxico. En la mayoría de ocasiones se forma durante una combustión incompleta de hidrocarburos y otros materiales que contienen carbón. Al aire libre el CO no es muy peligroso para las personas ya que reacciona rápidamente y pasa a  $\text{CO}_2$  con el oxígeno. No obstante, en espacios cerrados o interiores debe considerarse como muy peligroso, ya que en concentraciones de tan sólo 700 ppm en el aire que respiramos puede conducir a la muerte en pocas horas. El valor límite en lugares de trabajo es de 50 ppm.

#### **Óxidos de nitrógeno (NO y $\text{NO}_2$ , suman $\text{NO}_x$ )**

A altas temperaturas en procesos de combustión el nitrógeno del combustible y también del aire de combustión reacciona con el oxígeno del aire de combustión y forma primero monóxido de nitrógeno (combustible-NO y NO-térmico). Este NO reaccionará con el oxígeno acumulado y/o más tarde en la atmósfera y forma el peligroso dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ). Los dos óxidos son tóxicos. Especialmente el  $\text{NO}_2$  es muy peligroso para el pulmón y contribuye, junto con la luz solar, a la formación de ozono.

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

El dióxido de azufre es un gas tóxico, incoloro y con un olor muy fuerte. Se forma a partir de la oxidación del azufre que está presente en el combustible. El valor límite en el lugar de trabajo es de 5 ppm. Junto con agua o condensados forma el ácido sulfuroso ( $H_2SO_3$ ) y el ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ), ambos son muy dañinos por ej. en la naturaleza (lluvia ácida).

### **Principio**

El monitor del VRAE es un monitor de la exposición de multi-gas de tamaño walkie-talkie. Las mediciones se da en tiempo real y las señales de alarma se activan cada vez que la exposición supere los límites preestablecidos. Antes de salir de fábrica, el VRAE es preestablecido con los límites de alarma por defecto y los sensores son pre-calibrados con gas de calibración estándar. Sin embargo, el usuario debe calibrar el instrumento antes del primer uso. Después de que el monitor está completamente cargado y calibrado, está listo para la ejecución inmediata.

### **Partes del Instrumento**

- Ingreso de gas:
- Salida de gas:
- Alarma LED
- Pantalla LCD
- Teclas y pantalla
- Puerto en serie
- Correa de muñeca

### **Equipos y materiales.**

**Equipos.-** Analizador de Gases VRAE PMG-7840

**Materiales.-** Filtros de partículas

### **Preparación**

Realizar una inspección previa del equipo para identificar el buen estado de los filtros, carga de las baterías, limpieza de las líneas de arrastre de gas y la sonda. Sí es el caso, una vez realizada esta inspección cambiar las partes afectadas o tomar las medidas pertinentes, para asegurar la calidad de los resultados.

Armar el equipo, encenderlo y esperar a que se realice el autodiagnóstico y auto calibración del mismo para verificar que todo el sistema se encuentre en perfecto funcionamiento.

### **1.15 ESTÁNDARES DE CALIDAD DEL AIRE PARA MATERIAL PARTICULADO**

En el país existe una normativa ambiental que determina los niveles máximos permisibles en la atmósfera para diversos contaminantes durante un tiempo determinado, cabe recalcar que el contaminante tratado en este estudio es el material particulado; la normativa ambiental vigente en Ecuador es el TEXTO UNIFICADO DE LA LEGISLACIÓN SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE, emitida a través del Registro Oficial 725 del 16 de diciembre del 2002 en este texto encontraremos que la normativa ambiental se encuentra dividida en varios libros, pero el Libro VI anexo 4 está destinado a la normativa para la calidad del aire ambiente; los valores máximos permisibles de concentración de material particulado presentes en la atmósfera se muestran en la tabla siguiente.

**TABLA 1-5 VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO**

Contaminante	Tiempo de exposición	Máxima concentración permitida
Partículas Sedimentables	30 días	1 mg/cm <sup>2</sup>
PM10	1 AÑO	50 ug/m <sup>3</sup>
	24 horas	150 ug/m <sup>3</sup>
PM2,5	1 AÑO	15 ug/m <sup>3</sup>
	24 horas	65 ug/m <sup>3</sup>

FUENTE: Todos estos valores se encuentran a condiciones de 25 °C y 760 mm Hg  
 Valores tomados del numeral 4.1.2.1 anexo 4 del Libro VI del Texto Unificado de la  
 Legislación Ambiental Secundaria.

## CAPÍTULO 2

### 2 DESARROLLO EXPERIMENTAL

#### 2.1 LOCALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación se desarrolló en el centro comercial de la ciudad de Riobamba y los análisis de laboratorio en el Centro de Servicios Técnicos y Transferencia Tecnológica Ambiental de la Facultad de Ciencias.

#### 2.2 DEFINICIÓN DE LA POBLACIÓN MUESTRA

En el presente estudio se tomará las muestras en tres puntos del Centro Comercial de Riobamba, como referencia a este sector donde existe un intenso tráfico vehicular y que tienen características diferentes en relación a su entorno así:

Mercado la Merced se toma la muestra en la esquina de la Olmedo y Colón donde existen edificaciones en sus cuatro esquinas.

Parque Sucre.- se toma la muestra en la esquina de la Primera Constituyente y España en la parte abierta del parque considerando las otras tres esquinas con edificaciones.

Mercado la Condamine.- se toma la muestra en la esquina de la Colombia y Carabobo donde existen edificaciones en las cuatro esquinas con una amplia vereda en el edificio del mercado.

Es importante indicar que se ha tomado solamente las muestras en estos tres puntos considerados por sus propias características representativas del sector; siendo limitado por los costos de los análisis.

## 2.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

### 2.3.1 Variables de investigación

Una etapa importante para el desarrollo de la investigación fué la definición de los puntos donde se considerarán criterios como:

- 1.- Características del entorno
- 2.- Intensidad de tránsito vehicular
- 3.- Tipos de vehículos (Particular y de servicio público)

### 2.3.2 Respuestas de investigación

Las respuestas a medir en los Gases de Combustión son:

CO ppm	NO ppm	NO <sub>2</sub> ppm	SO <sub>2</sub> ppm
--------	--------	---------------------	---------------------

Las respuestas a medir en Material Particulado es

PM <sub>2,5</sub>	ppm
-------------------	-----

El presente estudio no considera sólidos sedimentables debido a la influencia que tiene este momento la emanación de cenizas del volcán Tungurahua y el interés específico de esta investigación es orientado a la contaminación proveniente de los vehículos a combustión sin embargo se incorporará información proporcionada por estudios realizados por la I. Municipalidad de Riobamba.

## 2.4 CODIFICACIÓN DE LAS VARIABLES, NIVELES Y RESPUESTAS A MEDIR PARA GASES DE COMBUSTIÓN

Los factores o variables considerados fueron 3 con un nivel para cada uno, teniendo un diseño experimental factorial 1<sup>k</sup> en el que se planteó 3 réplicas, los cuales fueron codificados como se indica en la tabla.

El número de réplicas o corridas es de  $N = L^k \times r = 3^1 \times 3 = 9$  pruebas por toma, en donde:

L= Número de factores considerados

K = es el número de niveles

r = corresponde al número de réplicas.

**TABLA 2.1 CODIFICACIÓN DE LAS VARIABLES, NIVELES Y RESPUESTAS A MEDIR GASES DE COMBUSTIÓN**

VARIABLE	NIVELES	CODIFICACION	RESPUESTAS			
			Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>
Punto 1	1	X <sub>1</sub>				
Punto 2	1	X <sub>2</sub>				
Punto 3	1	X <sub>3</sub>				

ELABORACIÓN: Dra. Nancy Veloz y Autor Tesis

Las respuestas se codificaron del modo que se muestra en la tabla.

**TABLA 2.2 CODIFICACIÓN DE LAS RESPUESTAS A MEDIR**

RESPUESTA	CODIFICACION
CO	Y <sub>1</sub>
NO	Y <sub>2</sub>
NO <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>
SO <sub>2</sub>	Y <sub>4</sub>

ELABORACIÓN: Dra. Nancy Veloz y Autor Tesis

**TABLA 2.3 ESTRUCTURA Y ALGORITMO A UTILIZAR EN LAS CLASIFICACIONES DE DOBLE ENTRADA Y RÉPLICAS PARA GASES DE COMBUSTIÓN**

TIEMPO	$X_1$	$X_2$	$X_3$
	<i>Punto1</i>	<i>Punto2</i>	<i>Punto3</i>
MES 1	$Y_{111}$	$Y_{121}$	$Y_{131}$
	$Y_{112}$	$Y_{122}$	$Y_{132}$
	$Y_{113}$	$Y_{123}$	$Y_{133}$
MES 2	$Y_{211}$	$Y_{221}$	$Y_{231}$
	$Y_{212}$	$Y_{222}$	$Y_{232}$
	$Y_{213}$	$Y_{223}$	$Y_{233}$
MES 3	$Y_{311}$	$Y_{321}$	$Y_{331}$
	$Y_{312}$	$Y_{322}$	$Y_{332}$
	$Y_{313}$	$Y_{323}$	$Y_{333}$

ELABORACIÓN: Dra. Nancy Veloz y Autor Tesis

## 2.5 CODIFICACIÓN DE LAS VARIABLES, NIVELES Y RESPUESTAS A MEDIR PARA MATERIAL PARTICULADO

Los factores o variables considerados fueron 3 con un nivel para cada uno, teniendo un diseño experimental factorial  $1^k$ , en el que se planteó 2 réplica, los cuales fueron codificados como se indica en la tabla.

El número de réplicas o corridas es de  $N = L^k \times r = 3^1 \times 2 = 6$  pruebas por mes, en donde:

L= Número de factores considerados

K = es el número de niveles

r = corresponde al número de réplicas.

**TABLA 2.4 CODIFICACIÓN DE LAS VARIABLES, NIVELES Y RESPUESTAS A MEDIR MATERIAL PARTICULADO**

VARIABLE	NIVELES	CODIFICACIÓN	RESPUESTAS
Punto 1	1	$X_1$	$Y_1$
Punto 2	1	$X_2$	$Y_1$
Punto 3	1	$X_3$	$Y_1$

ELABORACIÓN: Dra. Nancy Veloz y Autor Tesis

Las respuestas se codificaron del modo que se muestra en la tabla.

**TABLA 2.5 CODIFICACIÓN DE LAS RESPUESTAS A MEDIR**

RESPUESTA	CODIFICACIÓN
$PM_{2,5}$	$Y_1$

ELABORACIÓN: Dra. Nancy Veloz y Autor Tesis

**TABLA 2.6 ESTRUCTURA Y ALGORITMO A UTILIZAR EN LAS CLASIFICACIONES DE DOBLE ENTRADA Y RÉPLICAS PARA MATERIAL PARTICULADO**

TIEMPO	$X_1$	$X_2$	$X_3$
	<i>Punto1</i>	<i>Punto2</i>	<i>Punto3</i>
MES 1	$Y_{111}$ $Y_{112}$ $Y_{113}$	$Y_{121}$ $Y_{122}$ $Y_{123}$	$Y_{131}$ $Y_{132}$ $Y_{133}$
MES 2	$Y_{211}$ $Y_{212}$ $Y_{213}$	$Y_{221}$ $Y_{222}$ $Y_{223}$	$Y_{231}$ $Y_{232}$ $Y_{233}$
MES 3	$Y_{311}$ $Y_{312}$ $Y_{313}$	$Y_{321}$ $Y_{322}$ $Y_{323}$	$Y_{331}$ $Y_{332}$ $Y_{333}$

ELABORACIÓN: Dra. Nancy Veloz y Autor Tesis

## 2.6 DATOS EXPERIMENTALES

A continuación tenemos los datos de los diferentes monitoreos realizados en los tres puntos determinados y en tres momentos esto es La Merced , Parque Sucre y La Condamine tanto a nivel de partículas  $PM_{2,5}$  y gases emitidos por automotores, esto es CO, NO,  $NO_2$  y  $SO_2$ .

### 2.6.1 Material particulado y gases

Es importante indicar que la ubicación de los equipos para la toma de datos fue a “boca de jarro” con miras a que los resultados sean una respuesta más cercana a la realidad de la emisión de los gases de combustión de los automotores.

A continuación podemos ver los equipos ubicados de acuerdo a lo manifestado anteriormente.

**FIGURA 2-1 UBICACIÓN DE EQUIPOS – TOMA DE DATOS LA MERCED**



DIRECCIÓN:  
Calle Colón y Olmedo

COORDENADAS:  
M 17  
X 76161416  
Y 9815177.99

**FIGURA 2-2 UBICACIÓN DE EQUIPOS – TOMA DE DATOS PARQUE SUCRE**

**DIRECCIÓN:**  
Calle España y Primera  
Constituyente

**COORDENADAS:**  
M 17  
X 76165743  
Y 9815461.52

**FIGURA 2-3 UBICACIÓN DE EQUIPOS – TOMA DE DATOS LA CONDAMINE**

**DIRECCIÓN:**  
Calle Carabobo y Colombia

**COORDENADAS:**  
M 17  
X 76107417  
Y 9815317.67



**FIGURA 2-4** IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO VRAE PARA LA TOMA DE DATOS DE LOS GASES.



**FIGURA 2-5** IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO TISH ENVIRONMENTAL PARA LA TOMA DE PARTÍCULAS  $PM_{2,5}$

### 2.6.2 Datos de material particulado $PM_{2,5}$

A continuación se expone el reporte de los datos de los monitoreos de Material Particulado obtenido en los diferentes puntos y momentos de la investigación.

**TABLA 2-7 MONITOREO MATERIAL PARTICULADO MOMENTO 1**

**MUESTREO MATERIAL PARTICULADO PM-2,5**

**PROYECTO:** Monitoreo de Riobamba I

**PROVINCIA:** CHIMBORAZO

**PARAMETRO:** PM<sub>2,5</sub>

**IDENTIFICACIÓN:**

**SERIAL:**

**UBICACIÓN:** Riobamba

**CONTROLADOR:** VFC

**COORDENADAS**

**MODELO:**

**DIRECCIÓN :** Centro Comercial de Riobamba

**MUESTRAS TOMADAS POR:** LAB-CESTTA

**ESTE:**

**NORTE:**

MUESTRA Nº	LUGAR	FECHA	Pf inicial (Pulg HOH)	Pf final (Pulg HOH)	Pf Avg (mm Hg)	Pa (mm Hg)	Ta (°C)	Ta (°K)	Po/Pa	Qr (m3/min)	%DIF RFO
10	LA MERCED	26-Aug-09	18,6	18,3	34,46	542,00	23,0	296,15	0,936	1,1410	0,973
10	PARQUE SUCRE	27-Aug-09	19,6	18,7	35,77	542,00	18,0	291,15	0,934	1,1320	0,177
10	CONDAMINE	28-Aug-09	19,8	19,1	36,33	542,00	19,0	292,15	0,933	1,1190	-0,973

MUESTRA Nº	LUGAR	T(min)	Qstd (m3/min)	Vstd	Wi (g)	Wf (g)	Wn(g)	PM (µg/m3)	Observaciones
10	LA MERCED	1440,00	0,8192	1179,6642	4,3331	4,4256	0,0925	78,41	
10	PARQUE SUCRE	1440,00	0,8267	1190,4684	4,7098	4,7802	0,0704	59,14	
10	CONDAMINE	1440,00	0,8144	1172,7669	4,6633	4,7368	0,0735	62,67	

FUENTE: Datos Primarios

ELABORACIÓN: Autor Tesis

## TABLA 2-8 MONITOREO MATERIAL PARTICULADO MOMENTO 2

### MUESTREO MATERIAL PARTICULADO PM-2,5

PROYECTO: Monitoreo de Riobamba II

PROVINCIA: CHIMBORAZO

PARAMETRO: PM<sub>2,5</sub>

IDENTIFICACIÓN

SERIAL:

UBICACIÓN: Riobamba

CONTROLADOR: VFC

COORDENADAS

MODELO:

DIRECCIÓN : Centro Comercial Riobamba

MUESTRAS TOMADAS POR: LAB-CESTTA

ESTE:

NORTE:

MUESTRA Nº	LUGAR	FECHA	Pf inicial (Pulg HOH)	Pf final (Pulg HOH)	Pf Avg (mm Hg)	Pa (mm Hg)	Ta (°C)	Ta (°K)	Po/Pa	Qr (m3/min)	%DIF RFO
10	LA MERCED	7-Oct-09	19,2	19,0	35,67	542,00	18,0	291,15	0,934	1,1200	-0,885
10	PARQUE SUCRE	9-Oct-09	19,4	19,1	35,95	542,00	18,0	291,15	0,934	1,1200	-0,885
10	CONDAMINE	8-Oct-09	19,2	18,7	35,39	542,00	17,0	290,15	0,935	1,1210	-0,796

MUESTRA Nº	LUGAR	T(min)	Qstd (m3/min)	Vstd	Wi (g)	Wf (g)	Wn(g)	PM (µg/m3)	Observaciones
10	LA MERCED	720,00	0,8180	588,9243	4,4521	4,5083	0,0562	95,43	
10	PARQUE SUCRE	720,00	0,8180	588,9243	4,6812	4,7244	0,0432	73,35	
10	CONDAMINE	720,00	0,8215	591,4827	4,5594	4,6082	0,0488	82,50	

FUENTE: Datos Primarios  
ELABORACIÓN: Autor Tesis

### TABLA 2-9 MONITOREO MATERIAL PARTICULADO MOMENTO 3

#### MUESTREO MATERIAL PARTICULADO PM-2,5

PROYECTO: Monitoreo de Riobamba III

PROVINCIA: CHIMBORAZO

UBICACIÓN: Riobamba

DIRECCIÓN: Centro comercial de Riobamba

PARAMETRO: PM<sub>2,5</sub>

CONTROLADOR: VFC

MUESTRAS TOMADAS POR:

LAB-CESTTA

IDENTIFICACIÓN:

COORDENADAS

ESTE:

NORTE:

SERIAL:

MODELO:

MUESTRA Nº	LUGAR	FECHA	Pf inicial (Pulg HOH)	Pf final (Pulg HOH)	Pf Avg (mm Hg)	Pa (mm Hg)	Ta (°C)	Ta (°K)	Po/Pa	Qr (m3/min)	%DIF RFO
10	LA MERCED	10-Dec-09	19,3	19,3	36,05	542,00	17,0	290,15	0,933	1,1190	- 0,973
10	PARQUE SUCRE	10-Dec-09	19,5	19,2	36,14	542,00	17,0	290,15	0,933	1,1190	- 0,973
10	CONDAMINE	10-Dec-09	19,3	19,1	35,86	542,00	17,0	290,15	0,934	1,1200	- 0,885

MUESTRA Nº	LUGAR	T(min)	Qstd (m3/min)	Vstd	Wi (g)	Wf (g)	Wn(g)	PM (µg/m3)	Observaciones
10	LA MERCED	240,00	0,8200	196,8092	4,4925	4,5133	0,0208	105,69	
10	PARQUE SUCRE	240,00	0,8200	196,8092	4,5231	4,5412	0,0181	91,97	
10	CONDAMINE	240,00	0,8208	196,9850	4,5174	4,5322	0,0148	75,13	

FUENTE: Datos Primarios  
ELABORACIÓN: Autor Tesis

### **2.6.3 Datos de gases de combustión**

En Anexo 1 se encuentran todos los datos detallados correspondientes a los tres monitoreos en un momento; entendiéndose por momento a diferentes épocas del año y el resto de información se encuentra en el CD adjunto al estudio.

## **2.7 RESUMEN DE DATOS**

A continuación se presenta un resumen de datos que se obtiene en cada uno de los monitoreos donde en el caso del monitoreo 1 corresponde a 1427 datos de cada uno de los gases analizados, en el monitoreo 2 corresponde a 721 datos y el monitoreo 3 corresponde a 241 datos y esto referente a un momento los mismos que se repetirían de igual manera por dos veces más, resumen que nos sirve para realizar su análisis.

**TABLA 2-10 MONITOREO 1 GASES DE COMBUSTIÓN CO, NO, NO<sub>2</sub> Y SO<sub>2</sub> EN EL CENTRO COMERCIAL DE RIOBAMBA – LA MERCED**

Instrument: VRAE (PGM7840)			Serial Number: 101002			
User ID: F. Cazco C.			Site ID: LA MERCED MONITOREO 1			
Data Points: 1441		Data Type: Avg	Sample Period: 60 sec			
Last Calibration Time: 12/14/2008 11:15						
Gas Type:			CO(ppm)	NO(ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)
High Alarm Levels:			200	50	10	10
Low Alarm Levels:			35	25	1	2
Line#	Date Time					
			CO(ppm)	NO(ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)
1	26/08/2009 10:20	10:20	4,5	0,1	0,0	0,0
2	26/08/2009 10:21	10:21	6,1	0,0	0,0	0,0
3	26/08/2009 10:22	10:22	5,2	0,0	0,0	0,0
4	26/08/2009 10:23	10:23	5,5	0,3	0,0	0,0
5	26/08/2009 10:24	10:24	2,6	0,0	0,0	0,0
6	26/08/2009 10:25	10:25	5,4	0,0	0,0	0,0
7	26/08/2009 10:26	10:26	6,5	0,1	0,0	0,0
8	26/08/2009 10:27	10:27	4,8	0,0	0,0	0,0
9	26/08/2009 10:28	10:28	3,8	0,0	0,0	0,0
10	26/08/2009 10:29	10:29	5,2	0,1	0,0	0,0
11	26/08/2009 10:30	10:30	3,1	0,0	0,0	0,0
12	26/08/2009 10:31	10:31	3,0	0,0	0,0	0,0
13	26/08/2009 10:32	10:32	3,0	0,0	0,0	0,0
14	26/08/2009 10:33	10:33	2,2	0,0	0,0	0,0
15	26/08/2009 10:34	10:34	2,6	0,0	0,0	0,0
16	26/08/2009 10:35	10:35	3,6	0,0	0,0	0,0
17	26/08/2009 10:36	10:36	3,8	0,1	0,0	0,0
18	26/08/2009 10:37	10:37	6,6	0,0	0,0	0,0
19	26/08/2009 10:38	10:38	3,8	0,0	0,0	0,0
20	26/08/2009 10:39	10:39	2,0	0,0	0,0	0,0
21	26/08/2009 10:40	10:40	2,3	0,0	0,0	0,0
22	26/08/2009 10:41	10:41	1,9	0,0	0,0	0,0
23	26/08/2009 10:42	10:42	2,5	0,0	0,0	0,0
24	26/08/2009 10:43	10:43	2,9	0,0	0,0	0,1
25	26/08/2009 10:44	10:44	1,3	0,0	0,0	0,0
n						
n						
n						
1427						
PROMEDIO			1,592	0,008	0,003	0,004

FUENTE: Datos Primarios de Monitoreo Anexo 1  
ELABORACIÓN: Autor Tesis

**TABLA 2-11 MONITOREO 1 GASES DE COMBUSTIÓN CO, NO, NO<sub>2</sub> Y SO<sub>2</sub> EN EL CENTRO COMERCIAL DE RIOBAMBA – PARQUE SUCRE**

Instrument: VRAE (PGM7840)			Serial Number: 101002			
User ID: F. Cazco C.			Site ID: PARQUE SUCRE MONITOREO 1			
Data Points: 1441		Data Type: Avg	Sample Period: 60 sec			
Last Calibration Time: 12/14/2008 11:15						
Gas Type:			CO(ppm)	NO(ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)
High Alarm Levels:			200	50	10	10
Low Alarm Levels:			35	25	1	2
Line#	Date Time					
			CO(ppm)	NO(ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)
1	27/08/2009 10:50	10:50	0,4	0,0	0,0	0,0
2	27/08/2009 10:51	10:51	0,9	0,0	0,0	0,0
3	27/08/2009 10:52	10:52	0,4	0,0	0,0	0,0
4	27/08/2009 10:53	10:53	1,5	0,0	0,0	0,0
5	27/08/2009 10:54	10:54	6,6	0,0	0,0	0,0
6	27/08/2009 10:55	10:55	4,7	0,0	0,0	0,1
7	27/08/2009 10:56	10:56	1,0	0,0	0,0	0,0
8	27/08/2009 10:57	10:57	0,1	0,0	0,0	0,0
9	27/08/2009 10:58	10:58	0,2	0,0	0,0	0,0
10	27/08/2009 10:59	10:59	2,1	0,0	0,0	0,1
11	27/08/2009 11:00	11:00	4,4	0,0	0,0	0,0
12	27/08/2009 11:01	11:01	2,9	0,0	0,0	0,0
13	27/08/2009 11:02	11:02	2,8	0,0	0,0	0,0
14	27/08/2009 11:03	11:03	6,5	0,0	0,0	0,0
15	27/08/2009 11:04	11:04	4,5	0,0	0,0	0,0
16	27/08/2009 11:05	11:05	3,3	0,0	0,0	0,0
17	27/08/2009 11:06	11:06	2,2	0,0	0,0	0,0
18	27/08/2009 11:07	11:07	3,5	0,0	0,0	0,0
19	27/08/2009 11:08	11:08	1,1	0,0	0,0	0,0
20	27/08/2009 11:09	11:09	0,0	0,0	0,0	0,0
21	27/08/2009 11:10	11:10	0,0	0,0	0,0	0,0
22	27/08/2009 11:11	11:11	0,0	0,0	0,0	0,0
23	27/08/2009 11:12	11:12	0,0	0,0	0,0	0,0
24	27/08/2009 11:13	11:13	0,0	0,0	0,0	0,0
25	27/08/2009 11:14	11:14	2,8	0,0	0,0	0,0
n						
n						
n						
1427						
PROMEDIO			1,236	0,003	0,001	0,002

FUENTE: Datos Primarios de Monitoreo Anexo 1  
ELABORACIÓN: Autor Tesis

**TABLA 2-12 MONITOREO 1 GASES DE COMBUSTIÓN CO, NO, NO<sub>2</sub> Y SO<sub>2</sub> EN EL CENTRO COMERCIAL DE RIOBAMBA – LA CONDAMINE**

Instrument: VRAE (PGM7840)			Serial Number: 101002			
User ID: F. Cazco C.			Site ID: CONDAMINE MONITOREO 1			
Data Points: 1441		Data Type: Avg	Sample Period: 60 sec			
Last Calibration Time: 12/14/2008 11:15						
Gas Type:			CO(ppm)	NO(ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)
High Alarm Levels:			200	50	10	10
Low Alarm Levels:			35	25	1	2
Line#	Date Time					
			CO(ppm)	NO(ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)
1	28/08/2009 11:45	11:45	0,6	0,0	0,0	0,0
2	28/08/2009 11:46	11:46	0,6	0,1	0,0	0,0
3	28/08/2009 11:47	11:47	4,5	0,1	0,0	0,1
4	28/08/2009 11:48	11:48	0,1	0,0	0,0	0,0
5	28/08/2009 11:49	11:49	0,5	0,1	0,0	0,0
6	28/08/2009 11:50	11:50	0,6	0,1	0,0	0,0
7	28/08/2009 11:51	11:51	0,3	0,0	0,2	0,0
8	28/08/2009 11:52	11:52	0,8	0,0	0,0	0,0
9	28/08/2009 11:53	11:53	1,2	0,0	0,0	0,0
10	28/08/2009 11:54	11:54	2,0	0,0	0,0	0,0
11	28/08/2009 11:55	11:55	0,1	0,0	0,0	0,0
12	28/08/2009 11:56	11:56	1,2	0,1	0,0	0,0
13	28/08/2009 11:57	11:57	1,0	0,1	0,0	0,0
14	28/08/2009 11:58	11:58	3,2	0,0	0,0	0,0
15	28/08/2009 11:59	11:59	3,0	0,0	0,0	0,0
16	28/08/2009 12:00	12:00	1,7	0,0	0,0	0,1
17	28/08/2009 12:01	12:01	1,5	0,0	0,0	0,0
18	28/08/2009 12:02	12:02	1,9	0,1	0,0	0,0
19	28/08/2009 12:03	12:03	1,4	0,1	0,0	0,0
20	28/08/2009 12:04	12:04	2,3	0,1	0,1	0,0
21	28/08/2009 12:05	12:05	1,2	0,1	0,0	0,0
22	28/08/2009 12:06	12:06	2,0	0,0	0,0	0,0
23	28/08/2009 12:07	12:07	2,3	0,1	0,0	0,0
24	28/08/2009 12:08	12:08	2,5	0,1	0,0	0,0
25	28/08/2009 12:09	12:09	1,6	0,0	0,1	0,1
n						
n						
n						
1427						
PROMEDIO			1,163	0,050	0,002	0,009

FUENTE: Datos Primarios de Monitoreo Anexo 1  
ELABORACIÓN: Autor Tesis

**TABLA 2-13 MONITOREO 2 GASES DE COMBUSTIÓN CO, NO, NO<sub>2</sub> Y SO<sub>2</sub> EN EL CENTRO COMERCIAL DE RIOBAMBA – LA MERCED**

Instrument: VRAE (PGM7840)			Serial Number: 101002			
User ID: F. Cazco C.			Site ID: LA MERCED		MONITOREO 2	
Data Points: 721		Data Type: Avg	Sample Period: 60 sec			
Last Calibration Time: 12/14/2008 11:15						
Gas Type:			CO(ppm)	NO(ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)
High Alarm Levels:			200	50	10	10
Low Alarm Levels:			35	25	1	2
Line#	Date Time					
			CO(ppm)	NO(ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)
1	07/10/2009 9:00	9:00	6,2	0,4	0,1	0,0
2	07/10/2009 9:01	9:01	6,7	0,4	0,1	0,0
3	07/10/2009 9:02	9:02	8,4	0,5	0,1	0,1
4	07/10/2009 9:03	9:03	5,0	0,1	0,0	0,1
5	07/10/2009 9:04	9:04	3,1	0,1	0,0	0,1
6	07/10/2009 9:05	9:05	8,2	0,2	0,1	0,1
7	07/10/2009 9:06	9:06	3,4	0,2	0,1	0,0
8	07/10/2009 9:07	9:07	1,8	0,2	0,1	0,0
9	07/10/2009 9:08	9:08	0,5	0,2	0,1	0,0
10	07/10/2009 9:09	9:09	1,8	0,1	0,1	0,0
11	07/10/2009 9:10	9:10	2,0	0,1	0,1	0,0
12	07/10/2009 9:11	9:11	1,0	0,1	0,1	0,0
13	07/10/2009 9:12	9:12	1,4	0,2	0,1	0,0
14	07/10/2009 9:13	9:13	1,2	0,2	0,1	0,0
15	07/10/2009 9:14	9:14	2,1	0,1	0,1	0,0
16	07/10/2009 9:15	9:15	2,3	0,1	0,1	0,1
17	07/10/2009 9:16	9:16	5,2	0,1	0,1	0,0
18	07/10/2009 9:17	9:17	3,0	0,5	0,0	0,1
19	07/10/2009 9:18	9:18	2,5	0,3	0,0	0,0
20	07/10/2009 9:19	9:19	1,1	0,2	0,0	0,0
21	07/10/2009 9:20	9:20	2,2	0,3	0,0	0,0
22	07/10/2009 9:21	9:21	2,4	0,2	0,0	0,0
23	07/10/2009 9:22	9:22	3,3	0,3	0,0	0,0
24	07/10/2009 9:23	9:23	3,6	0,3	0,0	0,0
25	07/10/2009 9:24	9:24	2,0	0,5	0,0	0,1
n						
n						
n						
721						
PROMEDIO			2,024	0,345	0,018	0,034

FUENTE: Datos Primarios de Monitoreo Anexo 1  
ELABORACIÓN: Autor Tesis

**TABLA 2-14 MONITOREO 2 GASES DE COMBUSTIÓN CO, NO, NO<sub>2</sub> Y SO<sub>2</sub> EN EL CENTRO COMERCIAL DE RIOBAMBA – PARQUE SUCRE**

Instrument: VRAE (PGM7840)			Serial Number: 101002			
User ID: F. Cazco C.			Site ID: PARQUE SUCRE MONITOREO 2			
Data Points: 721		Data Type: Avg	Sample Period: 60 sec			
Last Calibration Time: 12/14/2008 11:15						
Gas Type:			CO(ppm)	NO(ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)
High Alarm Levels:			200	50	10	10
Low Alarm Levels:			35	25	1	2
Line#	Date Time					
			CO(ppm)	NO(ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)
1	09/10/2009 10:03	10:03	1,0	0,1	0,0	0,0
2	09/10/2009 10:04	10:04	0,1	0,0	0,1	0,0
3	09/10/2009 10:05	10:05	3,3	0,0	0,1	0,0
4	09/10/2009 10:06	10:06	3,6	0,1	0,1	0,0
5	09/10/2009 10:07	10:07	9,4	0,0	0,1	0,1
6	09/10/2009 10:08	10:08	0,3	0,1	0,1	0,0
7	09/10/2009 10:09	10:09	1,6	0,1	0,1	0,0
8	09/10/2009 10:10	10:10	1,9	0,0	0,1	0,0
9	09/10/2009 10:11	10:11	0,5	0,1	0,1	0,0
10	09/10/2009 10:12	10:12	4,8	0,2	0,1	0,0
11	09/10/2009 10:13	10:13	2,7	0,0	0,1	0,0
12	09/10/2009 10:14	10:14	3,8	0,1	0,1	0,0
13	09/10/2009 10:15	10:15	2,2	0,0	0,2	0,0
14	09/10/2009 10:16	10:16	2,8	0,1	0,1	0,0
15	09/10/2009 10:17	10:17	0,6	0,1	0,1	0,0
16	09/10/2009 10:18	10:18	1,9	0,1	0,2	0,0
17	09/10/2009 10:19	10:19	3,9	0,2	0,1	0,1
18	09/10/2009 10:20	10:20	2,1	0,1	0,1	0,0
19	09/10/2009 10:21	10:21	0,3	0,1	0,2	0,0
20	09/10/2009 10:22	10:22	1,3	0,2	0,1	0,0
21	09/10/2009 10:23	10:23	1,0	0,2	0,1	0,0
22	09/10/2009 10:24	10:24	2,3	0,2	0,1	0,0
23	09/10/2009 10:25	10:25	1,9	0,1	0,1	0,0
24	09/10/2009 10:26	10:26	3,1	0,2	0,1	0,0
25	09/10/2009 10:27	10:27	0,8	0,1	0,2	0,0
n						
n						
n						
721						
PROMEDIO			1,566	0,110	0,052	0,008

FUENTE: Datos Primarios de Monitoreo Anexo 1  
ELABORACIÓN: Autor Tesis

**TABLA 2-15 MONITOREO 2 GASES DE COMBUSTIÓN CO, NO, NO<sub>2</sub> Y SO<sub>2</sub> EN EL CENTRO COMERCIAL DE RIOBAMBA – LA CONDAMINE**

Instrument: VRAE (PGM7840)			Serial Number: 101002			
User ID: F. Cazco C.			Site ID: <b>CONDAMINE MONITOREO 2</b>			
Data Points: 721		Data Type: Avg	Sample Period: 60 sec			
Last Calibration Time: 12/14/2008 11:15						
Gas Type:			CO(ppm)	NO(ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)
High Alarm Levels:			200	50	10	10
Low Alarm Levels:			35	25	1	2
Line#	Date Time					
			CO(ppm)	NO(ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)
1	08/10/2009 9:32	9:32	0,0	0,0	0,0	0,0
2	08/10/2009 9:33	9:33	0,9	0,0	0,0	0,0
3	08/10/2009 9:34	9:34	1,4	0,1	0,1	0,0
4	08/10/2009 9:35	9:35	0,8	0,0	0,1	0,0
5	08/10/2009 9:36	9:36	3,9	0,1	0,1	0,0
6	08/10/2009 9:37	9:37	2,6	0,2	0,1	0,0
7	08/10/2009 9:38	9:38	2,3	0,0	0,1	0,0
8	08/10/2009 9:39	9:39	0,9	0,0	0,1	0,0
9	08/10/2009 9:40	9:40	1,7	0,1	0,1	0,0
10	08/10/2009 9:41	9:41	2,8	0,2	0,1	0,0
11	08/10/2009 9:42	9:42	6,0	0,2	0,1	0,0
12	08/10/2009 9:43	9:43	4,3	0,2	0,1	0,0
13	08/10/2009 9:44	9:44	2,2	0,1	0,1	0,0
14	08/10/2009 9:45	9:45	2,6	0,1	0,1	0,0
15	08/10/2009 9:46	9:46	2,1	0,1	0,1	0,0
16	08/10/2009 9:47	9:47	1,7	0,1	0,1	0,0
17	08/10/2009 9:48	9:48	0,9	0,1	0,1	0,0
18	08/10/2009 9:49	9:49	1,4	0,3	0,1	0,0
19	08/10/2009 9:50	9:50	0,3	0,0	0,1	0,0
20	08/10/2009 9:51	9:51	0,3	0,0	0,1	0,0
21	08/10/2009 9:52	9:52	0,2	0,1	0,1	0,0
22	08/10/2009 9:53	9:53	1,9	0,2	0,1	0,0
23	08/10/2009 9:54	9:54	2,2	0,2	0,1	0,0
24	08/10/2009 9:55	9:55	3,7	0,3	0,1	0,0
25	08/10/2009 9:56	9:56	4,9	0,2	0,1	0,0
n						
n						
n						
721						
PROMEDIO			2,11	0,25	0,05	0,04

FUENTE: Datos Primarios de Monitoreo Anexo 1  
ELABORACIÓN: Autor Tesis

**TABLA 2-16 MONITOREO 3 GASES DE COMBUSTIÓN CO, NO, NO<sub>2</sub> Y SO<sub>2</sub> EN EL CENTRO COMERCIAL DE RIOBAMBA – LA MERCED**

Instrument: VRAE (PGM7840)			Serial Number: 101002			
User ID: F. Cazco C.		Site ID: LA MERCED MONITOREO 3				
Data Points: 241		Data Type: Avg		Sample Period: 60 sec		
Last Calibration Time: 12/14/2008 11:15						
Gas Type:			CO(ppm)	NO(ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)
High Alarm Levels:			200	50	10	10
Low Alarm Levels:			35	25	1	2
Line#	Date Time					
			CO(ppm)	NO(ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)
1	10/12/2009 7:08	7:08	1,0	0,1	0,0	0,0
2	10/12/2009 7:09	7:09	0,1	0,1	0,1	0,0
3	10/12/2009 7:10	7:10	3,3	0,2	0,1	0,0
4	10/12/2009 7:11	7:11	3,6	0,1	0,1	0,0
5	10/12/2009 7:12	7:12	9,4	0,1	0,1	0,1
6	10/12/2009 7:13	7:13	0,3	0,1	0,1	0,0
7	10/12/2009 7:14	7:14	1,6	0,1	0,1	0,0
8	10/12/2009 7:15	7:15	1,9	0,1	0,1	0,0
9	10/12/2009 7:16	7:16	0,5	0,1	0,0	0,1
10	10/12/2009 7:17	7:17	4,8	0,2	0,0	0,0
11	10/12/2009 7:18	7:18	2,7	0,0	0,1	0,0
12	10/12/2009 7:19	7:19	3,8	0,1	0,1	0,0
13	10/12/2009 7:20	7:20	2,2	0,0	0,2	0,1
14	10/12/2009 7:21	7:21	2,8	0,1	0,1	0,0
15	10/12/2009 7:22	7:22	0,6	0,1	0,0	0,0
16	10/12/2009 7:23	7:23	1,9	0,1	0,0	0,0
17	10/12/2009 7:24	7:24	3,9	0,2	0,1	0,1
18	10/12/2009 7:25	7:25	2,1	0,1	0,1	0,0
19	10/12/2009 7:26	7:26	0,3	0,1	0,2	0,0
20	10/12/2009 7:27	7:27	1,3	0,2	0,1	0,0
21	10/12/2009 7:28	7:28	1,0	0,2	0,1	0,0
22	10/12/2009 7:29	7:29	2,3	0,2	0,1	0,1
23	10/12/2009 7:30	7:30	1,9	0,1	0,1	0,0
24	10/12/2009 7:31	7:31	3,1	0,2	0,1	0,1
25	10/12/2009 7:32	7:32	0,8	0,1	0,2	0,0
n						
n						
n						
241						
PROMEDIO			2,65	0,18	0,03	0,03

FUENTE: Datos Primarios de Monitoreo Anexo 1

ELABORACIÓN: Autor Tesis

**TABLA 2-17 MONITOREO 3 GASES DE COMBUSTIÓN CO, NO, NO<sub>2</sub> Y SO<sub>2</sub> EN EL CENTRO COMERCIAL DE RIOBAMBA – PARQUE SUCRE**

Instrument: VRAE (PGM7840)			Serial Number: 101002			
User ID: F. Cazco C.		Site ID: PARQUE SUCRE MONITOREO 3				
Data Points: 241		Data Type: Avg		Sample Period: 60 sec		
Last Calibration Time: 12/14/2008 11:15						
Gas Type:			CO(ppm)	NO(ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)
High Alarm Levels:			200	50	10	10
Low Alarm Levels:			35	25	1	2
Line#	Date Time					
			CO(ppm)	NO(ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)
1	10/12/2009 11:22	11:22	0,0	0,0	0,0	0,0
2	10/12/2009 11:23	11:23	0,9	0,0	0,0	0,0
3	10/12/2009 11:24	11:24	1,4	0,1	0,1	0,1
4	10/12/2009 11:25	11:25	0,8	0,0	0,1	0,0
5	10/12/2009 11:26	11:26	3,9	0,1	0,1	0,0
6	10/12/2009 11:27	11:27	2,6	0,2	0,1	0,0
7	10/12/2009 11:28	11:28	2,3	0,0	0,0	0,0
8	10/12/2009 11:29	11:29	0,9	0,0	0,0	0,0
9	10/12/2009 11:30	11:30	1,7	0,1	0,0	0,0
10	10/12/2009 11:31	11:31	2,8	0,2	0,0	0,1
11	10/12/2009 11:32	11:32	6,0	0,2	0,0	0,0
12	10/12/2009 11:33	11:33	4,3	0,2	0,0	0,0
13	10/12/2009 11:34	11:34	2,2	0,1	0,0	0,0
14	10/12/2009 11:35	11:35	2,6	0,1	0,0	0,2
15	10/12/2009 11:36	11:36	2,1	0,1	0,0	0,0
16	10/12/2009 11:37	11:37	1,7	0,1	0,0	0,0
17	10/12/2009 11:38	11:38	0,9	0,1	0,0	0,0
18	10/12/2009 11:39	11:39	1,4	0,3	0,0	0,0
19	10/12/2009 11:40	11:40	0,3	0,0	0,0	0,0
20	10/12/2009 11:41	11:41	0,3	0,0	0,0	0,1
21	10/12/2009 11:42	11:42	0,2	0,1	0,0	1,0
22	10/12/2009 11:43	11:43	1,9	0,2	0,0	0,0
23	10/12/2009 11:44	11:44	2,2	0,2	0,0	0,0
24	10/12/2009 11:45	11:45	3,7	0,3	0,0	0,0
25	10/12/2009 11:46	11:46	4,9	0,2	0,0	0,0
n						
n						
n						
241						
PROMEDIO			2,50	0,065	0,055	0,019

FUENTE: Datos Primarios de Monitoreo Anexo 1  
ELABORACIÓN: Autor Tesis

**TABLA 2-18 MONITOREO 3 GASES DE COMBUSTIÓN CO, NO, NO<sub>2</sub> Y SO<sub>2</sub> EN EL CENTRO COMERCIAL DE RIOBAMBA – LA CONDAMINE**

Instrument: VRAE (PGM7840)			Serial Number: 101002			
User ID: F. Cazco C.			Site ID: CONDAMINE MONITOREO 3			
Data Points: 241		Data Type: Avg	Sample Period: 60 sec			
Last Calibration Time: 12/14/2008 11:15						
Gas Type:			CO(ppm)	NO(ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)
High Alarm Levels:			200	50	10	10
Low Alarm Levels:			35	25	1	2
Line#	Date Time					
			CO(ppm)	NO(ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)
1	10/12/2009 15:38	15:38	1,7	0,1	0,1	0,0
2	10/12/2009 15:39	15:39	1,8	0,1	0,0	0,0
3	10/12/2009 15:40	15:40	3,5	0,1	0,1	0,0
4	10/12/2009 15:41	15:41	3,8	0,1	0,0	0,1
5	10/12/2009 15:42	15:42	3,2	0,2	0,0	0,0
6	10/12/2009 15:43	15:43	0,9	0,1	0,0	0,0
7	10/12/2009 15:44	15:44	3,0	0,2	0,0	0,0
8	10/12/2009 15:45	15:45	1,6	0,2	0,0	0,0
9	10/12/2009 15:46	15:46	3,5	0,2	0,0	0,0
10	10/12/2009 15:47	15:47	2,5	0,1	0,0	0,1
11	10/12/2009 15:48	15:48	1,6	0,1	0,1	0,0
12	10/12/2009 15:49	15:49	2,3	0,1	0,0	0,0
13	10/12/2009 15:50	15:50	2,0	0,1	0,0	0,0
14	10/12/2009 15:51	15:51	1,8	0,0	0,0	0,0
15	10/12/2009 15:52	15:52	2,6	0,0	0,0	0,1
16	10/12/2009 15:53	15:53	1,4	0,0	0,1	0,0
17	10/12/2009 15:54	15:54	1,0	0,0	0,0	0,0
18	10/12/2009 15:55	15:55	0,5	0,1	0,0	0,0
19	10/12/2009 15:56	15:56	5,0	0,1	0,0	0,1
20	10/12/2009 15:57	15:57	4,6	0,0	0,0	0,0
21	10/12/2009 15:58	15:58	2,7	0,0	0,0	0,1
22	10/12/2009 15:59	15:59	1,8	0,0	0,1	0,0
23	10/12/2009 16:00	16:00	3,6	0,1	0,0	0,0
24	10/12/2009 16:01	16:01	2,8	0,0	0,0	0,0
25	10/12/2009 16:02	16:02	2,0	0,0	0,0	0,0
n						
n						
n						
241						
PROMEDIO			2,11	0,21	0,02	0,03

FUENTE: Datos Primarios de Monitoreo Anexo 1  
ELABORACIÓN: Autor Tesis

## CAPÍTULO 3

### 3 ANÁLISIS DE DATOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 MATERIAL PARTICULADO PM<sub>2,5</sub>

TABLA 3-1 MATERIAL PARTICULADO PM<sub>2,5</sub> EN LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTRA Y EN LOS TRES MONITOREOS

	MONITOREO 1 (24 horas) PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	MONITOREO 2 (12 horas) PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	MONITOREO 3 (6 horas pico) PM <sub>2,5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	PROMEDIO
LA MERCED	78,41	95,43	105,69	93,18
PARQUE SUCRE	59,14	73,35	91,97	74,82
LA CONDAMINE	62,67	82,50	75,13	73,43
<b>PROMEDIO</b>	<b>66,74</b>	<b>83,76</b>	<b>90,93</b>	

FUENTE: Tablas de Monitoreo 1, 2 Y 3 de Material Particulado PM<sub>2,5</sub>

ELABORACIÓN: Autor Tesis

De acuerdo al TULAS Libro Sexto Anexo 4 que dice: “Material particulado menos a 2,5 micrones (PM<sub>2,5</sub>),- se ha establecido que el promedio aritmético de la concentración de PM<sub>2,5</sub> de todas las muestras en un año no deberá exceder de 15 microgramos por metro cúbico (15 µg/m<sup>3</sup>). La concentración máxima en 24 horas de todas las muestras colectadas, no deberá exceder 65 microgramos por metro cúbico (65 µg/m<sup>3</sup>), valor que no podrá ser excedido más de dos (2) veces en un año”.

Las mediciones observadas de concentraciones de contaminantes comunes 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:

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

donde:

C<sub>c</sub>: concentración corregida

C<sub>o</sub>: concentración observada

P<sub>bl</sub>: presión atmosférica local, en milímetros de mercurio.

t<sup>°</sup>C: temperatura local, en grados centígrados.

P<sub>bl</sub>: 542,00 mm Hg

t<sup>°</sup>C: 18,15 grados centígrados

De acuerdo a ésta fórmula el material particulado  $PM_{2,5}$  en los diferentes puntos de muestra y en los tres monitoreos tenemos:

**TABLA 3-2 MATERIAL PARTICULADO  $PM_{2,5}$  CORREGIDO EN LOS DIFERENTES PUNTOS DE MUESTRA Y EN LOS TRES MONITOREOS**

	<b>MONITOREO 1 (24 horas) <math>PM_{2,5}</math> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>MONITOREO 2 (12 horas) <math>PM_{2,5}</math> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>MONITOREO 3 (6 horas pico) <math>PM_{2,5}</math> (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>PROMEDIO</b>
LA MERCED	107,42	130,74	144,80	127,65
PARQUE SUCRE	81,02	100,49	126,00	102,50
LA CONDAMINE	85,86	113,03	102,93	100,60
<b>PROMEDIO</b>	<b>91,43</b>	<b>114,75</b>	<b>124,57</b>	

FUENTE: Tabla 3-1 Material Particulado  $PM_{2,5}$

ELABORACIÓN: Autor Tesis

Aplicando la norma referente a las veinte y cuatro horas que corresponde al monitoreo 1 podemos ver que sobrepasa el valor de la norma en la merced ( $107,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) sigue la condamine con ( $85,86 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y luego el parque sucre con ( $81,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ); si hacemos referencia al promedio de todas estas muestras esto es  $91,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nos encontramos que está sobre el límite permitido por la norma.

Considerando el Monitoreo 2 que corresponde a doce horas, (de seis a dieciocho horas) nos encontramos que en todos los puntos sobrepasan el valor de la norma donde el valor promedio es de  $114,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , agravándose esta situación si consideramos los valores obtenidos en las horas pico Monitoreo 3, esto es de las once a catorce horas y de las diecisiete a veinte horas, tenemos un exceso de la concentración  $PM_{2,5}$  que en su valor promedio es de  $124,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , teniendo como un valor promedio máximo de  $127,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la Merced y un mínimo de  $100,60 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la Condamine.

Considerando los valores promedios tanto en cada uno de los puntos analizados y en los diferentes monitoreos nos encontramos que en todos los casos sobrepasa el valor de la norma establecida ( $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Graficamente podemos ver como el material particulado tiene una mayor concentración demostrada en el color que tiene en los diferentes puntos de muestra.



**FIGURA 3-1 FILTRO RESULTADO  $PM_{2,5}$   
LA MERCED**

Este es el resultado del monitoreo 1 en La Merced de material particulado  $PM_{2,5}$ .



**FIGURA 3-2 FILTRO RESULTADO  $PM_{2,5}$   
PARQUE SUCRE**

Este es el resultado del monitoreo 1 en el Parque Sucre de material particulado  $PM_{2,5}$ .



**FIGURA 3-3 FILTRO RESULTADO  $PM_{2,5}$   
LA CONDAMINE**

Este es el resultado del monitoreo 1 en La Condamine de material particulado  $PM_{2,5}$ .



**FIGURA 3-4 FILTRO EN BLANCO**

### 3.2 TABLAS DE PROMEDIOS DE EMISIÓN DE GASES DE COMBUSTIÓN EN LOS DIFERENTES PUNTOS DE MONITOREO

De acuerdo al TULAS Libro Sexto Anexo 4 que dice: “**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  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) más de una vez en un año. La concentración máxima en una hora de monóxido de carbono no deberá exceder cuarenta mil microgramos por metro cúbico (40 000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) más de una vez en un año”.

“**Óxidos de nitrógeno, expresados como NO<sub>2</sub>.**- El promedio aritmético de la concentración de óxidos de nitrógeno, expresada como NO<sub>2</sub>, y determinada en todas las muestras en un año, no deberá exceder de cien microgramos por metro cúbico (100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). La concentración máxima en 24 horas no deberá exceder ciento cincuenta microgramos por metro cúbico (150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) más de dos (2) veces en un año”.

“**Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).**- El promedio aritmético de la concentración de SO<sub>2</sub> determinada en todas las muestras en un año no deberá exceder de ochenta microgramos por metro cúbico (80  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). La concentración máxima en 24 horas no deberá exceder trescientos cincuenta microgramos por metro cúbico (350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), más de una vez en un año”.

A continuación tenemos el cuadro que corresponde a la aplicación de la norma en ppm en concordancia con el método y equipo utilizado:

**TABLA 3-3 VALORES DE NIVELES DE ALERTA Y EMERGENCIA DE ACUERDO AL TULAS**

Gas Type:	CO(ppm)	NO(ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)
High Alarm Levels: (Nivel de emergencia)	200	50	10	10
Low Alarm Levels: (Nivel de alerta )	35	25	1	2

FUENTE: TULAS, Libro Sexto Anexo 4

**TABLA 3-4 RESUMEN DE VALORES PROMEDIOS DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN CO, NO, NO<sub>2</sub> Y SO<sub>2</sub> - LA MERCED**

MONITOREOS	CO (ppm)	NO (ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)
1	1,592	0,008	0,003	0,004
2	2,024	0,345	0,018	0,034
3	2,650	0,180	0,030	0,030
<b>PROMEDIO</b>	<b>2,089</b>	<b>0,178</b>	<b>0,017</b>	<b>0,023</b>

FUENTE: Tabla Monitoreo 1, 2 Y 3 Gases de Combustión Co, No, No<sub>2</sub> y So<sub>2</sub> en el Centro Comercial de Riobamba – La Merced

ELABORACIÓN: Autor Tesis

**TABLA 3-5 RESUMEN DE VALORES PROMEDIOS DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN CO, NO, NO<sub>2</sub> Y SO<sub>2</sub> - PARQUE SUCRE**

MONITOREOS	CO (ppm)	NO (ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)
1	1,236	0,003	0,001	0,002
2	1,566	0,110	0,052	0,008
3	2,500	0,065	0,055	0,019
<b>PROMEDIO</b>	<b>1,767</b>	<b>0,059</b>	<b>0,036</b>	<b>0,010</b>

FUENTE: Tabla Monitoreo 1, 2 Y 3 Gases de Combustión Co, No, No<sub>2</sub> Y So<sub>2</sub> en el Centro Comercial de Riobamba – Parque Sucre

ELABORACIÓN: Autor Tesis

**TABLA 3-6 RESUMEN DE VALORES PROMEDIOS DE LOS GASES DE COMBUSTIÓN CO, NO, NO<sub>2</sub> Y SO<sub>2</sub> - LA CONDAMINE**

MONITOREOS	CO (ppm)	NO (ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)
1	1,163	0,050	0,002	0,009
2	2,110	0,250	0,050	0,040
3	2,110	0,210	0,020	0,030
<b>PROMEDIO</b>	<b>1,794</b>	<b>0,170</b>	<b>0,024</b>	<b>0,026</b>

FUENTE: Tabla Monitoreo 1, 2 Y 3 Gases de Combustión Co, No, No<sub>2</sub> Y So<sub>2</sub> en el Centro Comercial de Riobamba – La Condamine

ELABORACIÓN: Autor Tesis

**TABLA 3-7 EMISIÓN DE LOS GASES EN LOS DIFERENTES PUNTOS, TOMANDO LOS VALORES PROMEDIOS (ppm) DE LOS TRES MONITOREOS**

	CO (ppm)	NO (ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)	PROMEDIO (ppm)
LA MERCED	2,089	0,178	0,017	0,023	<b>0,577</b>
PARQUE SUCRE	1,767	0,059	0,036	0,010	<b>0,468</b>
LA CONDRAMINE	1,794	0,170	0,024	0,026	<b>0,504</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>1,883</b>	<b>0,136</b>	<b>0,026</b>	<b>0,020</b>	

FUENTE: Tablas de Promedios de Emisión de Gases de Combustión en los Diferentes Puntos de Monitoreo – Tablas 3-3; 3-4; 3-5; 3-6.  
ELABORACIÓN: Autor Tesis

Del cuadro correspondiente al nivel de alarma y de emergencia comparado con los promedios del cuadro anterior podemos decir que en todos los casos son menores del nivel de alerta.

**TABLA 3-8 EMISIÓN CORREGIDA DE LOS GASES EN LOS DIFERENTES PUNTOS, TOMANDO LOS VALORES PROMEDIOS (ppm) DE LOS TRES MONITOREOS.**

	CO (ppm)	NO (ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)	PROMEDIO (ppm)
LA MERCED	2,862	0,244	0,023	0,032	<b>0,790</b>
PARQUE SUCRE	2,421	0,082	0,049	0,014	<b>0,641</b>
LA CONDRAMINE	2,458	0,233	0,033	0,036	<b>0,690</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>2,580</b>	<b>0,186</b>	<b>0,035</b>	<b>0,027</b>	

FUENTE: Tabla 3-7 Emisión de los Gases en los Diferentes Puntos, Tomando los Valores Promedios (ppm) de los Tres Monitoreos  
ELABORACIÓN: Autor Tesis

De igual manera que en el cuadro anterior las emisiones corregidas de los gases está por debajo inclusive del nivel de alerta.

**TABLA 3-9 APOORTE DE LA EMISIÓN DE LOS GASES EN UN AÑO, TOMANDO LOS VALORES PROMEDIOS (ppm) DE LOS TRES MONITOREOS CON LOS VALORES DE ALERTA DEL TULAS**

GASES	PROMEDIO Diario (ppm)	APORTE Anual (estimado) (ppm)	NIVEL ALERTA TULAS (ppm)	NIVEL DE EMERGENCIA TULAS (ppm)
CO	2,580	<b>928,800</b>	35	200
NO	0,186	<b>66,960</b>	25	50
NO <sub>2</sub>	0,035	<b>12,600</b>	1	10
SO <sub>2</sub>	0,027	<b>9,720</b>	2	10

FUENTE: Tabla 3-3 y 3-8

ELABORACIÓN: Autor Tesis

Por lo anterior podemos observar que el grado de contaminación por gases producidos por los automotores en el centro comercial de Riobamba al ambiente es menor que el establecido en la norma.

Según lo manifestado por los propietarios de los diferentes comercios que se encuentran en el Centro Comercial de Riobamba, todos ratifican que por la contaminación de los automotores tienen problemas de salud, referente a irritación en los ojos y problemas de garganta y pulmonares que si bien de acuerdo a los datos aparentemente no habría ningún inconveniente sin embargo hay efectos en la salud.

En lo referente al aporte anual de los gases (estimado) podemos decir que es preocupante ésta contaminación de gases producidos por los automotores y son éstos valores los que aportamos al ambiente.

A continuación tenemos el tratamiento estadístico de los datos de Gases CO, CO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>:

**TABLA 3-10 MEDIDAS DESCRIPTIVAS POR GRUPO DE LA EMISIÓN DE GASES DE COMBUSTIÓN EN EL CENTRO COMERCIAL DE RIOBAMBA**

PUNTO		CO(ppm)	NO(ppm)	NO <sub>2</sub> (ppm)	SO <sub>2</sub> (ppm)
CONDAMINE	N	1441	1441	1441	1441
	Desv. típ.	1,40398701343	,09167607674	,01848381036	,0323527108
	Máximo	8,40000000	,50000000	,30000000	,30000000
	Mínimo	,00000000	,00000000	,00000000	,00000000
	Varianza	1,971	,008	,000	,001
	Curtosis	3,608	4,692	100,862	24,848
	Asimetría	1,535	2,106	9,305	4,315
	Media	1,1630117974	,0501040944	,0023594726	,009229702
LA MERCED	N	1441	1441	1441	1441
	Desv. típ.	2,09534206790	,04069275868	,02020310931	,0188552607
	Máximo	12,00000000	,60000000	,30000000	,20000000
	Mínimo	,00000000	,00000000	,00000000	,00000000
	Varianza	4,390	,002	,000	,000
	Curtosis	2,665	68,608	77,532	28,619
	Asimetría	1,607	7,319	8,165	5,343
	Media	1,5916724497	,0077029840	,0029146426	,003539209
PARQUE SUCRE	N	1441	1441	1441	1441
	Desv. típ.	1,84312861766	,02040296870	,01414199932	,0147406709
	Máximo	10,50000000	,30000000	,30000000	,10000000
	Mínimo	,00000000	,00000000	,00000000	,00000000
	Varianza	3,397	,000	,000	,000
	Curtosis	3,977	84,418	231,031	40,197
	Asimetría	1,953	8,687	14,255	6,492
	Media	1,2364330326	,0027064539	,0011797363	,002220680
Total	N	4323	4323	4323	4323
	Desv. típ.	1,81285974587	,06279225668	,01780396789	,0234272775
	Máximo	12,00000000	,60000000	,30000000	,30000000
	Mínimo	,00000000	,00000000	,00000000	,00000000
	Varianza	3,286	,004	,000	,001
	Curtosis	3,949	17,705	112,747	39,709
	Asimetría	1,831	3,874	9,849	5,507
	Media	1,3303724266	,0201711774	,0021512838	,004996530

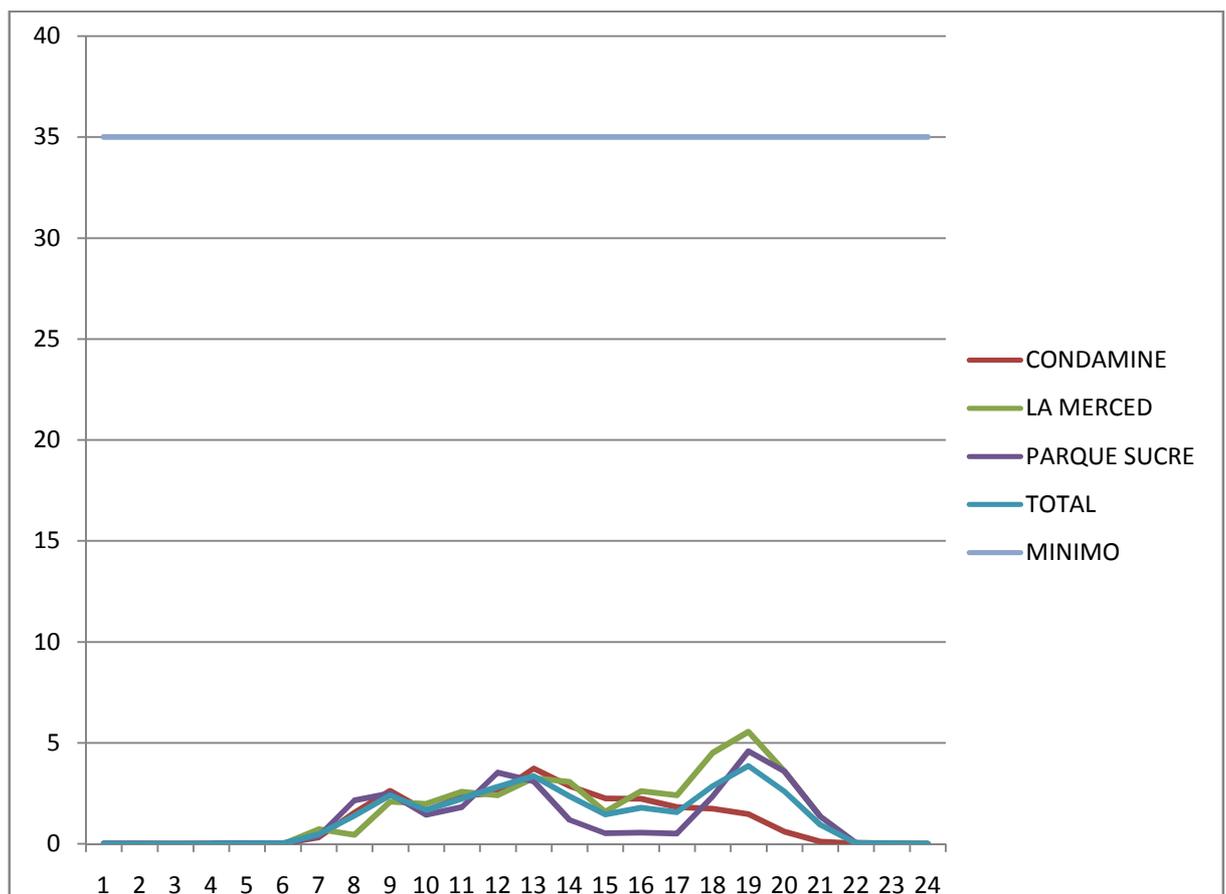
FUENTE: Base de Datos de Monitoreo de Gases

ELABORACIÓN: Autor Tesis

Por los resultados obtenidos de inicio podemos manifestar que no hay ningún inconveniente referente a la emisión de los gases producidos por los automotores, sin embargo es importante ver cuál es el comportamiento que tiene cada uno de los gases a las diferentes horas y cómo puede afectar a corto plazo si no se toma las medidas preventivas para llegar a niveles de alerta. No esperemos llegar a ello, sino debemos tomar medidas preventivas.

### 3.3 ANÁLISIS Y COMENTARIO DEL COMPORTAMIENTO DE LOS GASES DE ACUERDO A LOS GRÁFICOS DE VARIACIÓN DE CADA UNO DE LOS GASES DURANTE LAS 24 HORAS EN LOS TRES LUGARES DE MUESTREO DEL PRESENTE ESTUDIO.

GRÁFICO 3-1 COMPORTAMIENTO DEL CO EN EL TIEMPO



FUENTE: Datos base del estudio, Monitoreos 1, 2 y 3

ELABORACIÓN: Autor Tesis

En el gráfico podemos ver claramente que en este caso del CO en los diferentes puntos de análisis está muy por debajo del nivel de alerta (mínimo 35 ppm).

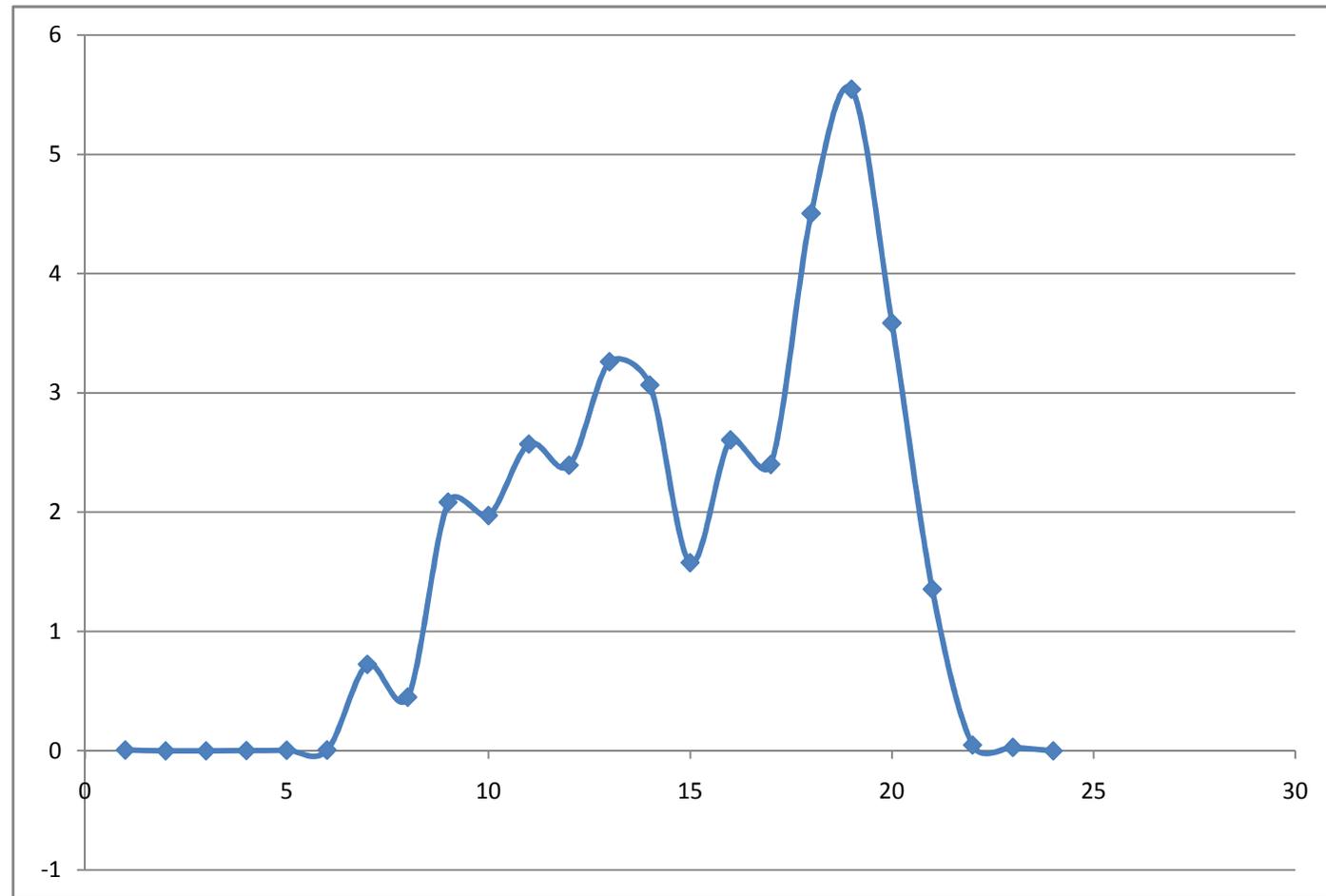
De acuerdo a lo manifestado anteriormente vamos a encontrar gráficos similares a éste para todos los gases de acuerdo a los resultados descritos en las tablas anteriores con relación al nivel de alerta.

Referente al **Óxido de Carbono** se tiene una mayor contaminación entre las **dieciocho y las diecinueve horas treinta** teniendo una mayor influencia en **La Merced**.

A continuación se detalla los gráficos de la presencia del CO en cada uno de los puntos de muestreo.

HORA	CO (ppm)
1	0,0066667
2	0
3	0
4	0,0016667
5	0,005
6	0,0066667
7	0,725
8	0,45
9	2,0833333
10	1,9716667
11	2,5704918
12	2,3933333
13	3,26
14	3,065
15	1,5766667
16	2,605
17	2,4
18	4,5033333
19	5,5433333
20	3,585
21	1,355
22	0,0483333
23	0,0283333
24	0

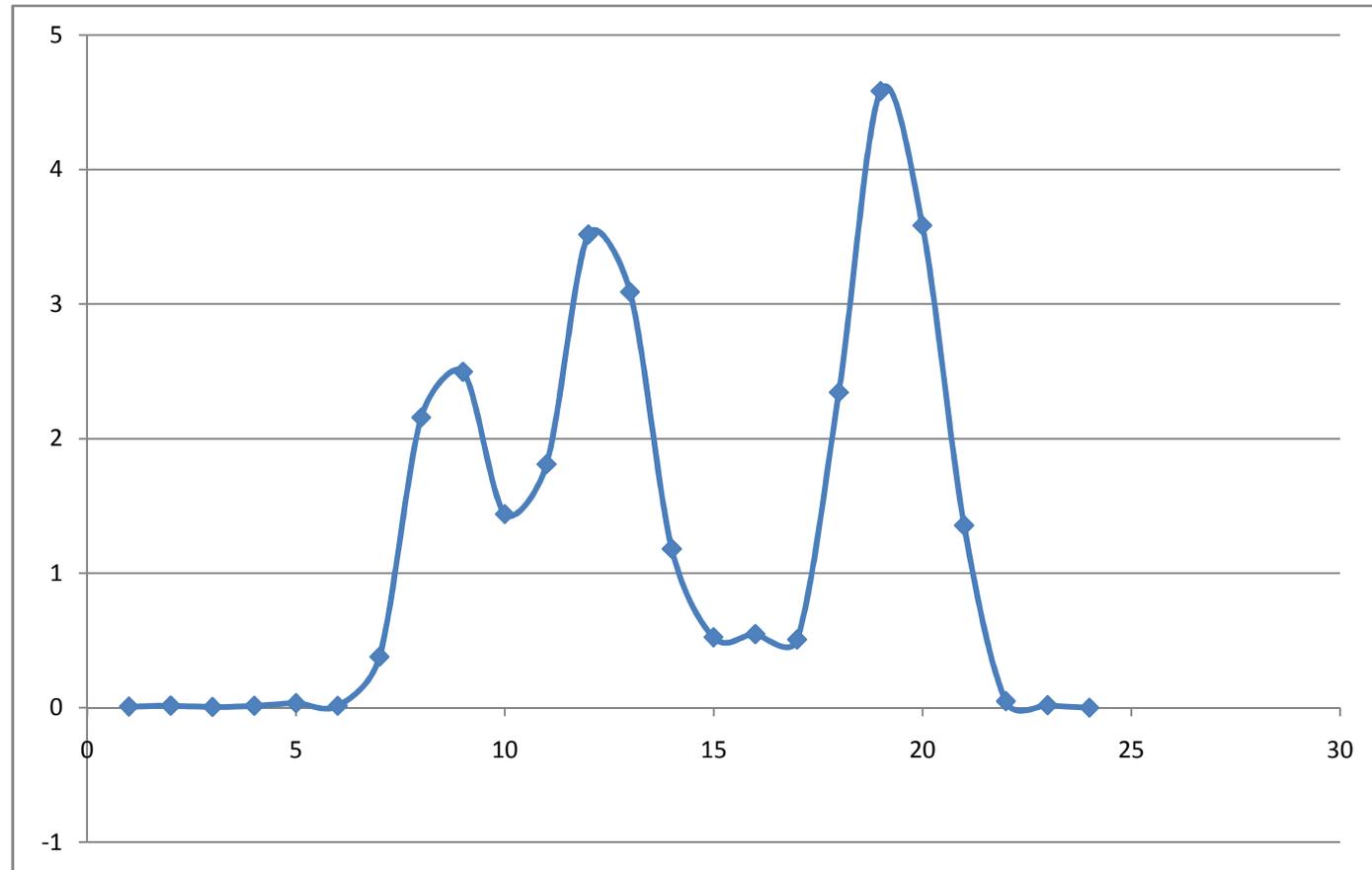
**GRÁFICO 3-2 COMPORTAMIENTO DEL CO LA MERCED**



FUENTE: Datos base del estudio, Monitoreos 1, 2 y 3  
 ELABORACIÓN: Autor Tesis

HORA	CO (ppm)
1	0,0083333
2	0,015
3	0,005
4	0,0133333
5	0,0333333
6	0,0133333
7	0,3783333
8	2,1566667
9	2,4966667
10	1,4383333
11	1,8098361
12	3,5166667
13	3,09
14	1,18
15	0,5233333
16	0,5466667
17	0,5066667
18	2,3433333
19	4,5833333
20	3,585
21	1,355
22	0,0483333
23	0,0183333
24	0

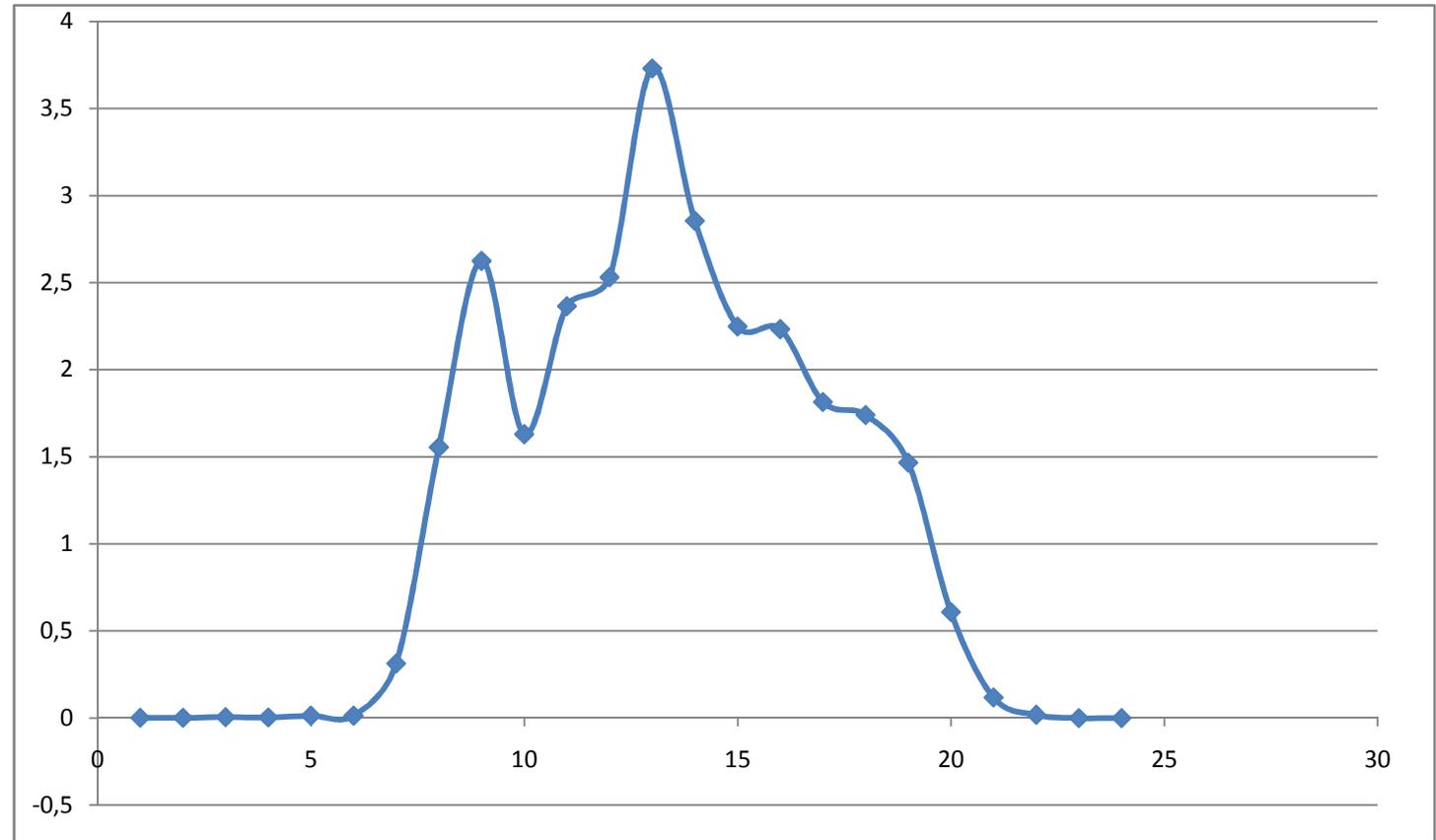
**GRÁFICO 3-3 COMPORTAMIENTO DEL CO PARQUE SUCRE**



FUENTE: Datos base del estudio, Monitoreos 1, 2 y 3  
 ELABORACIÓN: Autor Tesis

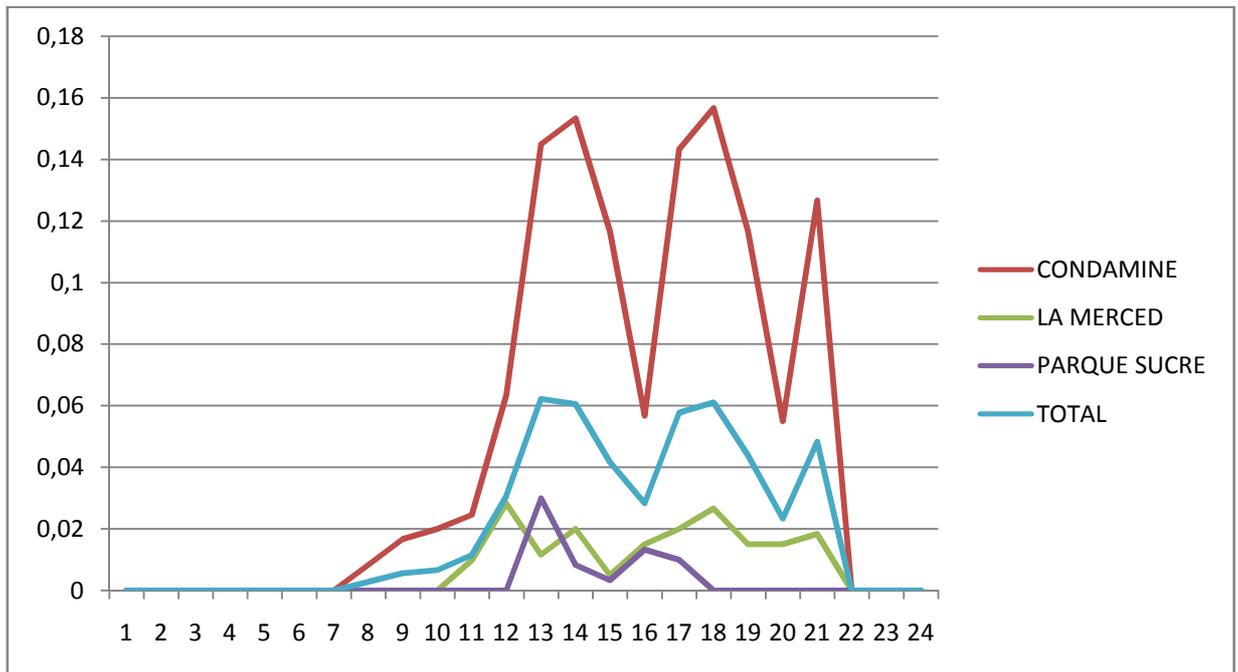
HORA	CO (ppm)
1	0,0016667
2	0,0016667
3	0,005
4	0,0033333
5	0,0133333
6	0,0133333
7	0,3133333
8	1,555
9	2,625
10	1,63
11	2,3655738
12	2,5316667
13	3,73
14	2,855
15	2,2483333
16	2,2333333
17	1,815
18	1,74
19	1,4666667
20	0,6083333
21	0,1183333
22	0,0183333
23	0
24	0

**GRÁFICO 3-4 COMPORTAMIENTO DEL CO LA CONDAMINE**



FUENTE: Datos base del estudio, Monitoreos 1, 2 y 3  
 ELABORACIÓN: Autor Tesis

## GRÁFICO 3-5 COMPORTAMIENTO DEL NO EN EL TIEMPO



FUENTE: Datos base del estudio, Monitoreos 1, 2 y 3

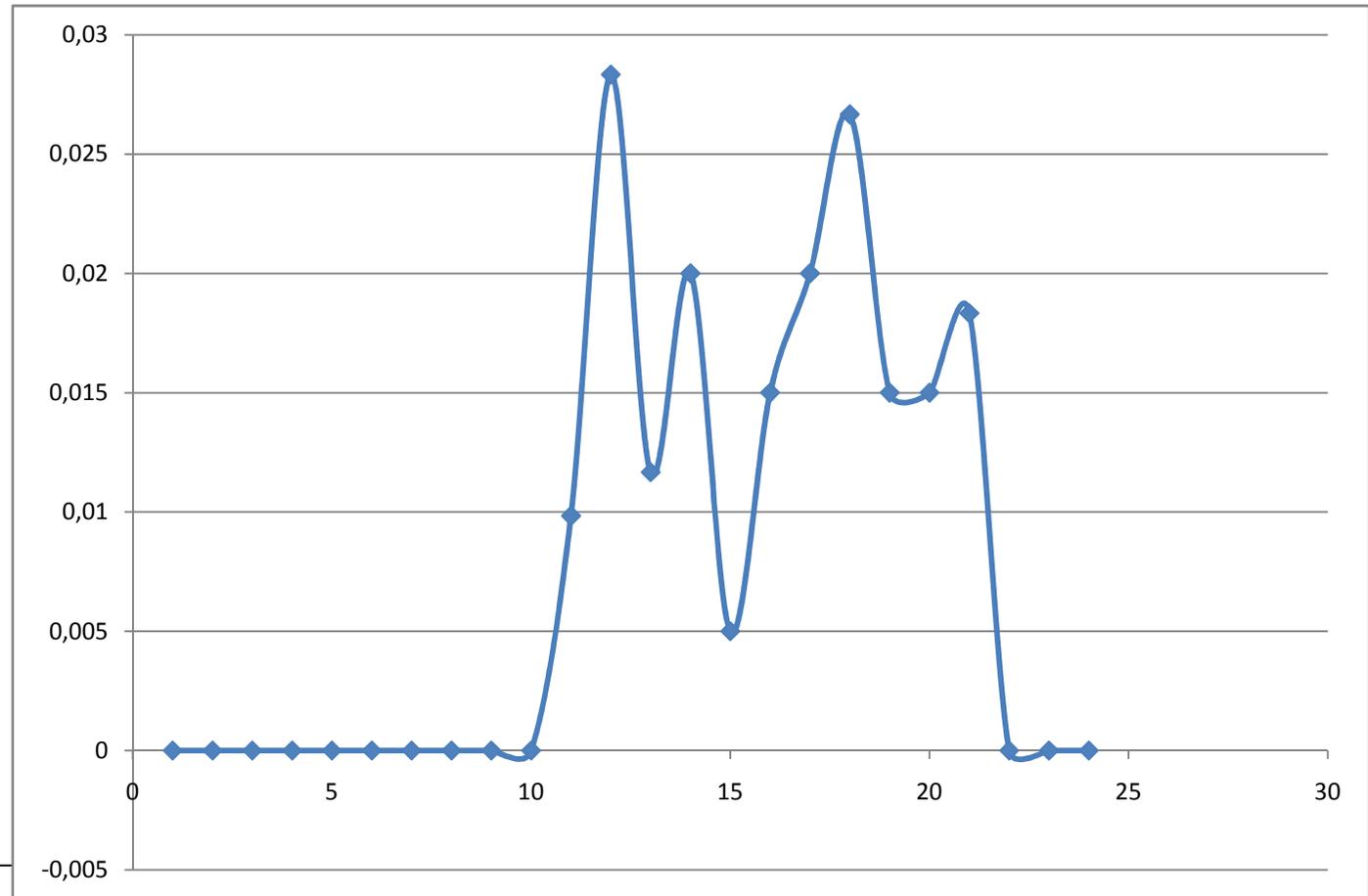
ELABORACIÓN: Autor Tesis

El Monóxido de Nitrógeno tiene una mayor contaminación en tres intervalos de tiempo; entre las once horas treinta y las trece horas, entre las dieciseis horas y las dieciocho horas y entre las veinte y veinte horas treinta teniendo su mayor influencia en La Condamine.

A continuación se detalla los gráficos de la presencia del NO en cada uno de los puntos de muestreo.

HORA	NO (ppm)
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0,0098361
12	0,0283333
13	0,0116667
14	0,02
15	0,005
16	0,015
17	0,02
18	0,0266667
19	0,015
20	0,015
21	0,0183333
22	0
23	0
24	0

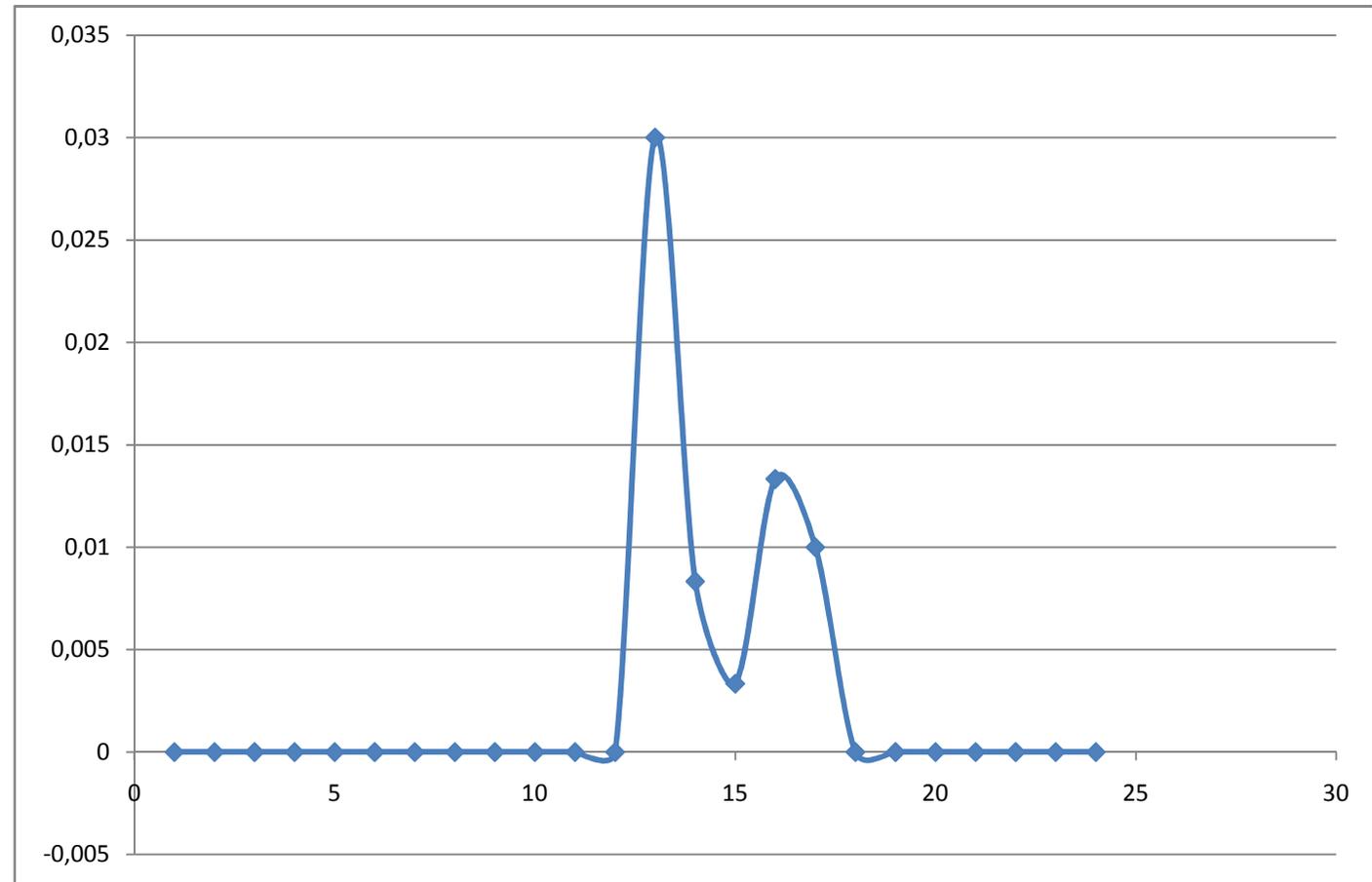
**GRÁFICO 3-6 COMPORTAMIENTO DEL NO LA MERCED**



FUENTE: Datos base del estudio, Monitoreos 1, 2 y 3  
 ELABORACIÓN: Autor Tesis

HORA	NO (ppm)
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0,03
14	0,00833333
15	0,00333333
16	0,01333333
17	0,01
18	0
19	0
20	0
21	0
22	0
23	0
24	0

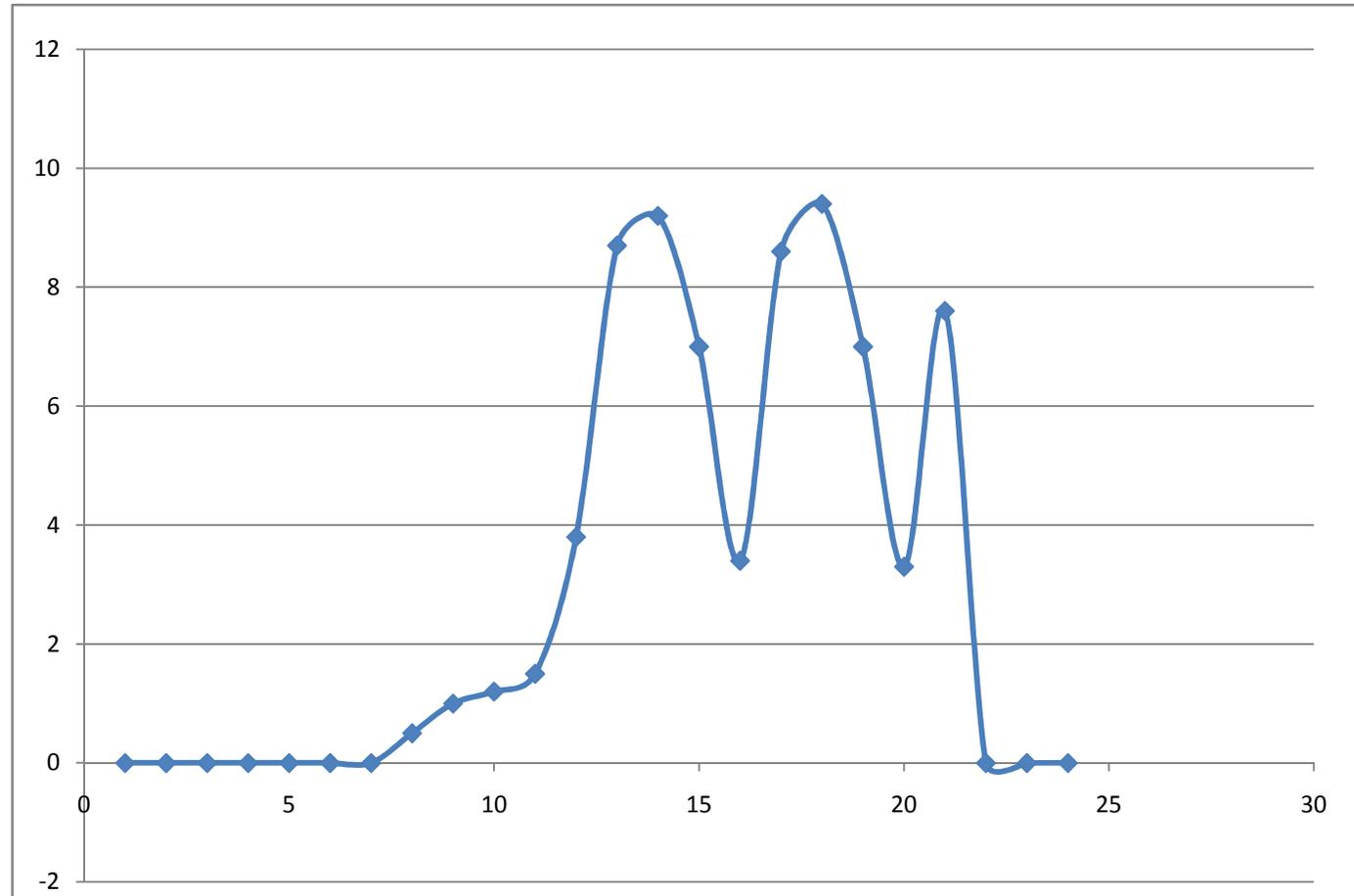
**GRÁFICO 3-7 COMPORTAMIENTO DEL NO PARQUE SUCRE**



FUENTE: Datos base del estudio, Monitoreos 1, 2 y 3  
 ELABORACIÓN: Autor Tesis

HORA	NO (ppm)
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0,5
9	1
10	1,2
11	1,5
12	3,8
13	8,7
14	9,2
15	7
16	3,4
17	8,6
18	9,4
19	7
20	3,3
21	7,6
22	0
23	0
24	0

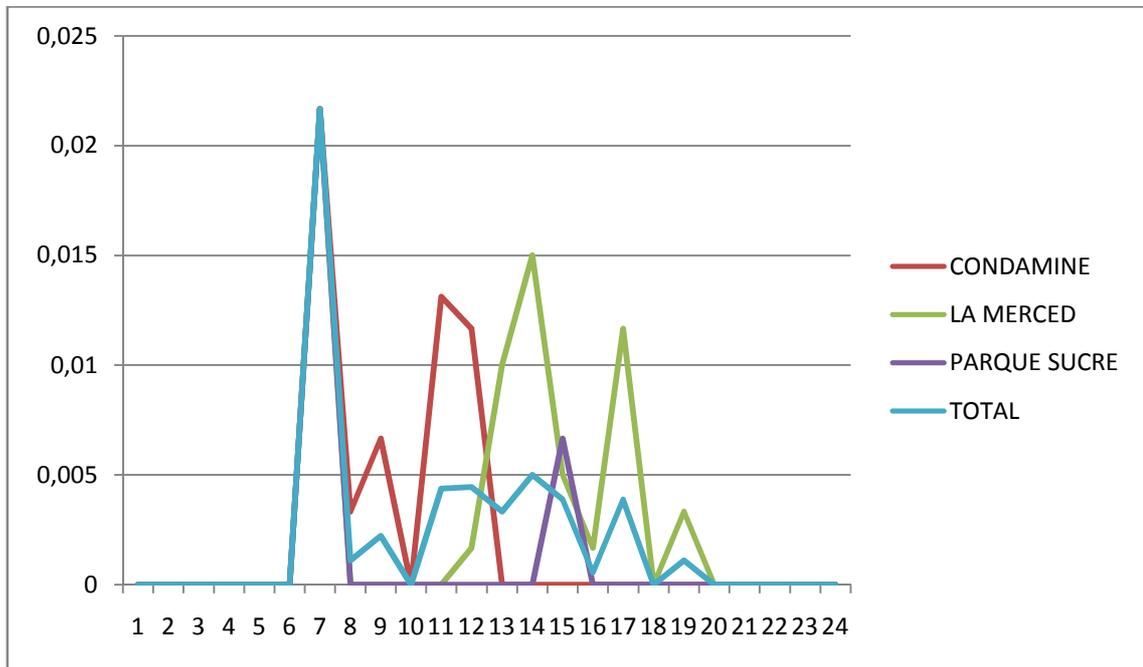
GRÁFICO 3-8 COMPORTAMIENTO DEL NO LA CONDAMINE



FUENTE: Datos base del estudio, Monitoreos 1, 2 y 3

ELABORACIÓN: Autor Tesis

### GRÁFICO 3-9 COMPORTAMIENTO DEL NO<sub>2</sub> EN EL TIEMPO



FUENTE: Datos base del estudio, Monitoreos 1, 2 y 3

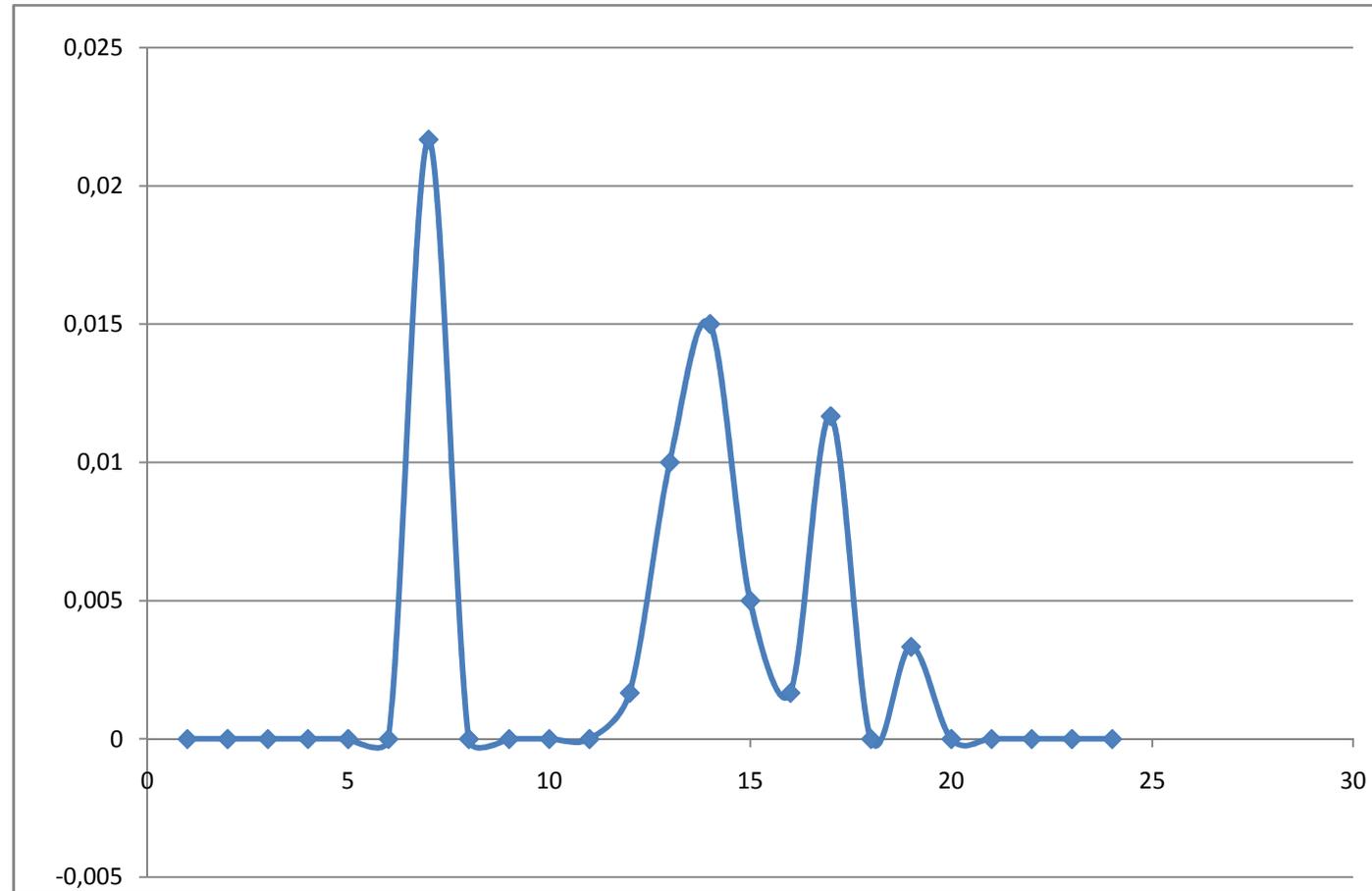
ELABORACIÓN: Autor Tesis

El **Dióxido de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>)** tiene una mayor contaminación en varios intervalos de tiempo; teniendo una característica especial con una contaminación elevada a las siete horas en la Condamine y la Merced, y en el Parque Sucre a las trece horas.

A continuación se detalla los gráficos de la presencia del NO<sub>2</sub> en cada uno de los puntos de muestreo.

HORA	NO <sub>2</sub> (ppm)
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0,0216667
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0,0016667
13	0,01
14	0,015
15	0,005
16	0,0016667
17	0,0116667
18	0
19	0,0033333
20	0
21	0
22	0
23	0
24	0

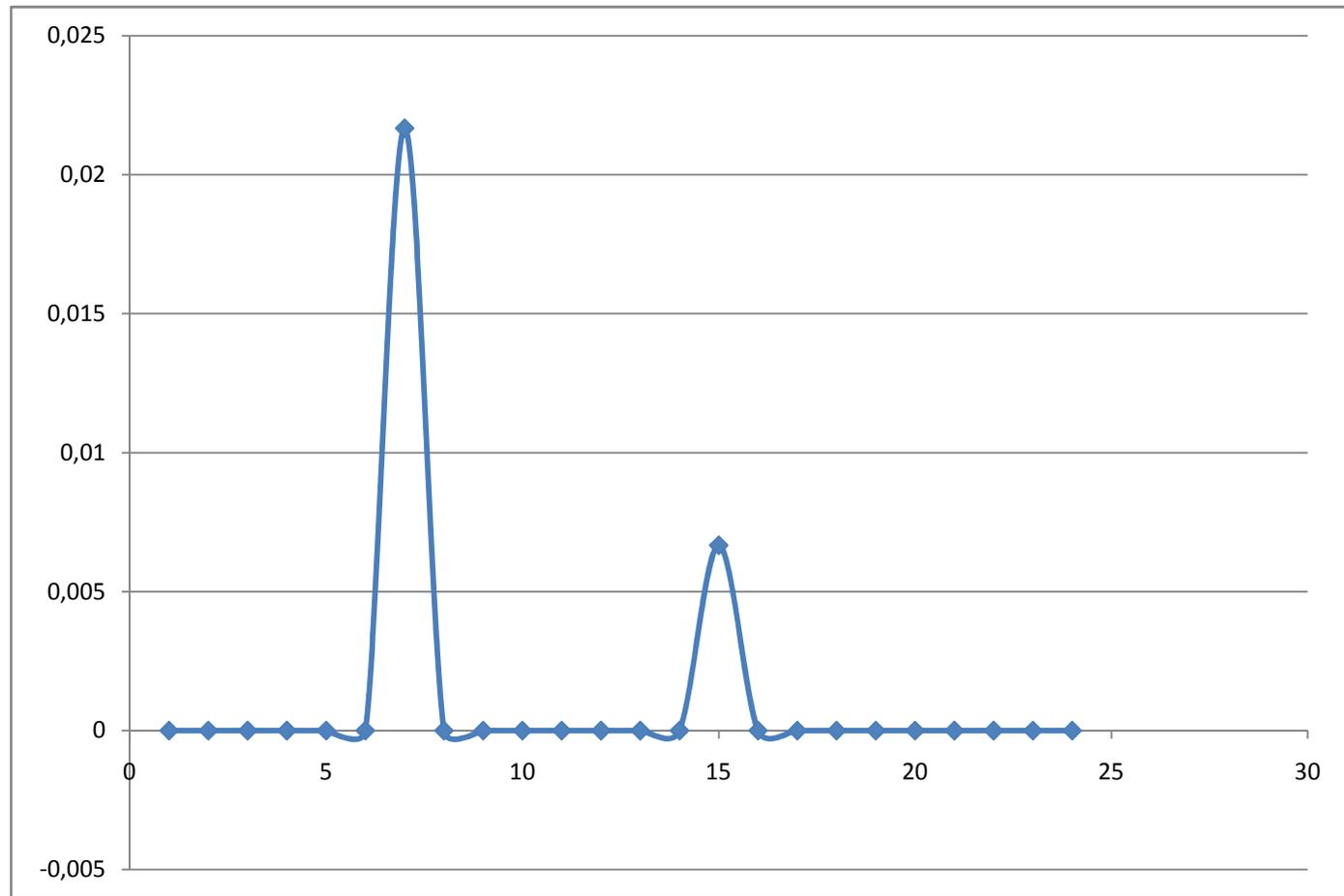
**GRÁFICO 3-10 COMPORTAMIENTO DEL NO<sub>2</sub> LA MERCED**



FUENTE: Datos base del estudio, Monitoreos 1, 2 y 3  
 ELABORACIÓN: Autor Tesis

HORA	NO <sub>2</sub> (ppm)
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0,02166667
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0
13	0
14	0
15	0,00666667
16	0
17	0
18	0
19	0
20	0
21	0
22	0
23	0
24	0

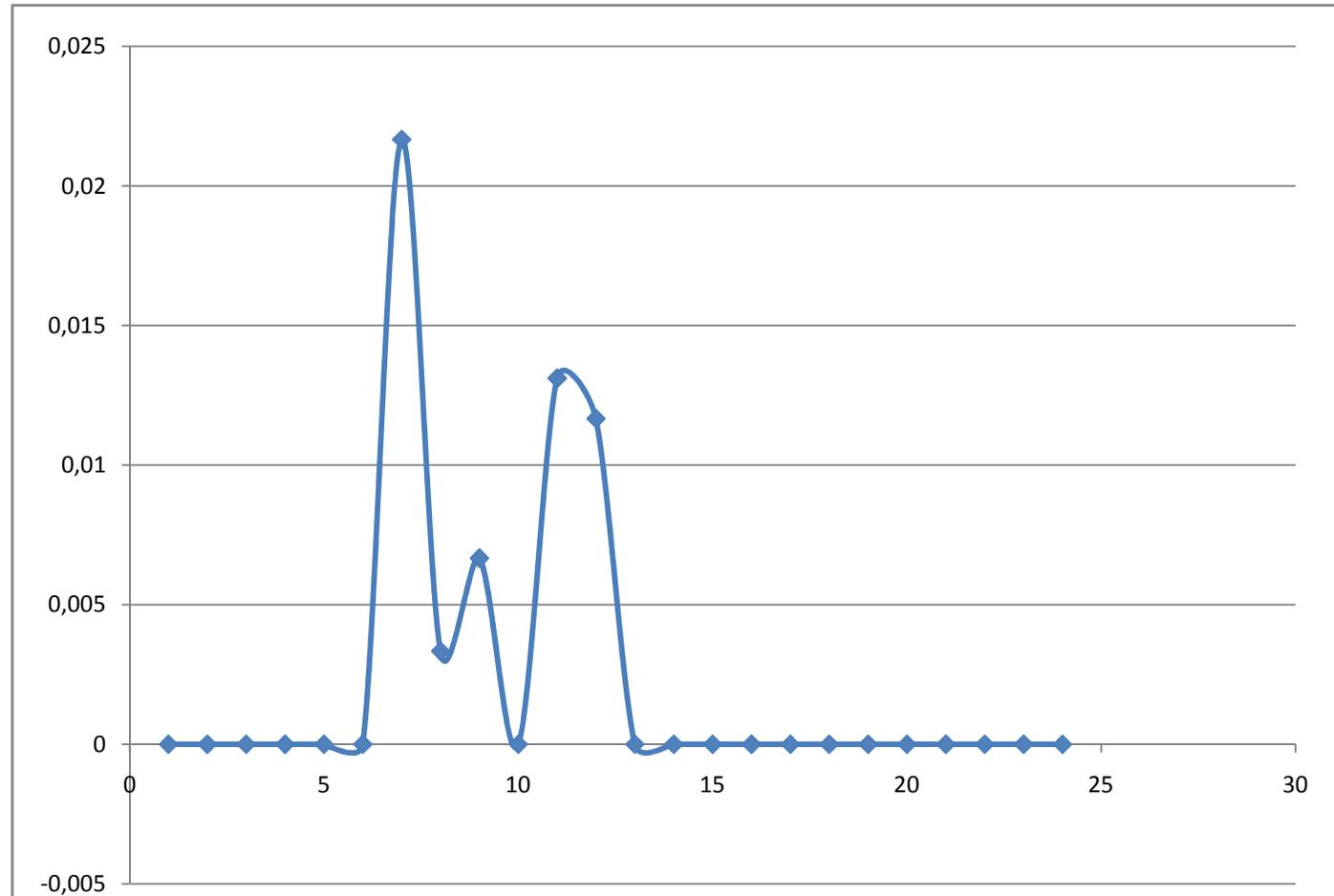
**GRÁFICO 3-11 COMPORTAMIENTO DEL NO<sub>2</sub> PARQUE SUCRE**



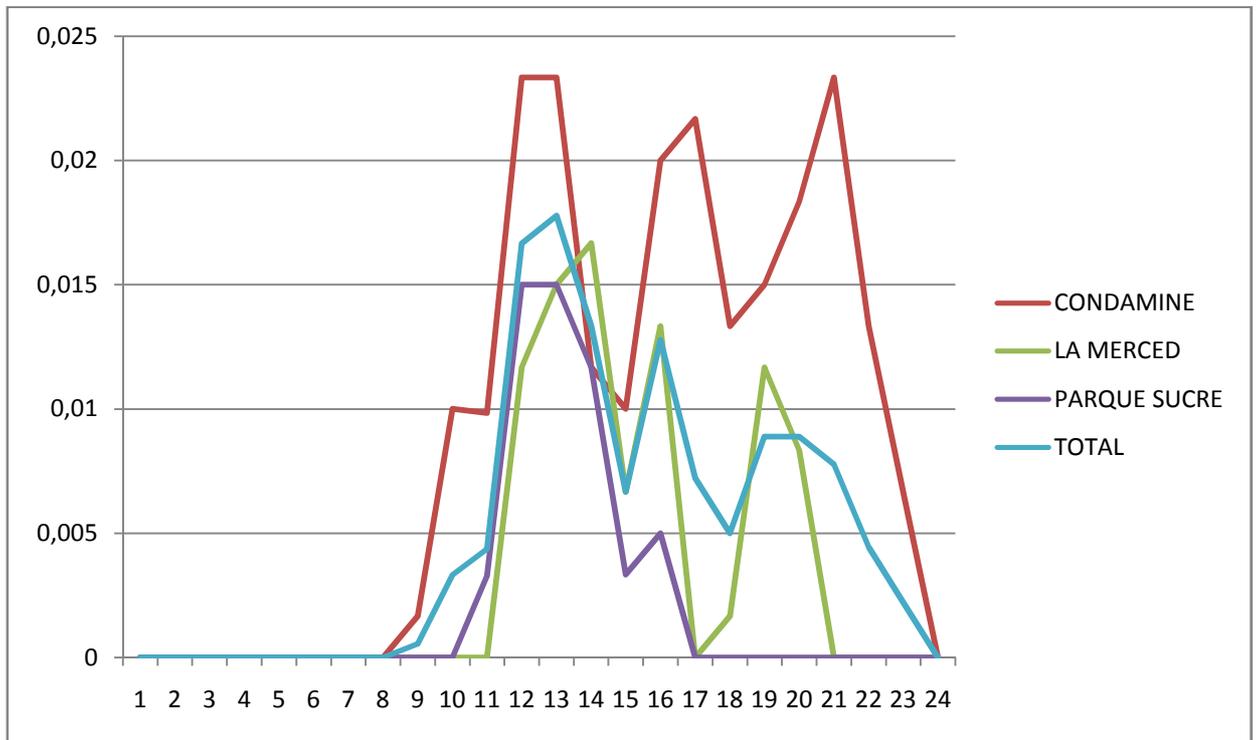
FUENTE: Datos base del estudio, Monitoreos 1, 2 y 3  
 ELABORACIÓN: Autor Tesis

HORA	NO <sub>2</sub> (ppm)
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0,0216667
8	0,0033333
9	0,0066667
10	0
11	0,0131148
12	0,0116667
13	0
14	0
15	0
16	0
17	0
18	0
19	0
20	0
21	0
22	0
23	0
24	0

**GRÁFICO 3-12 COMPORTAMIENTO DEL NO<sub>2</sub> LA CONDAMINE**



FUENTE: Datos base del estudio, Monitoreos 1, 2 y 3  
 ELABORACIÓN: Autor Tesis

GRÁFICO 3-13 COMPORTAMIENTO DEL SO<sub>2</sub> EN EL TIEMPO

FUENTE: Datos base del estudio, Monitoreos 1, 2 y 3

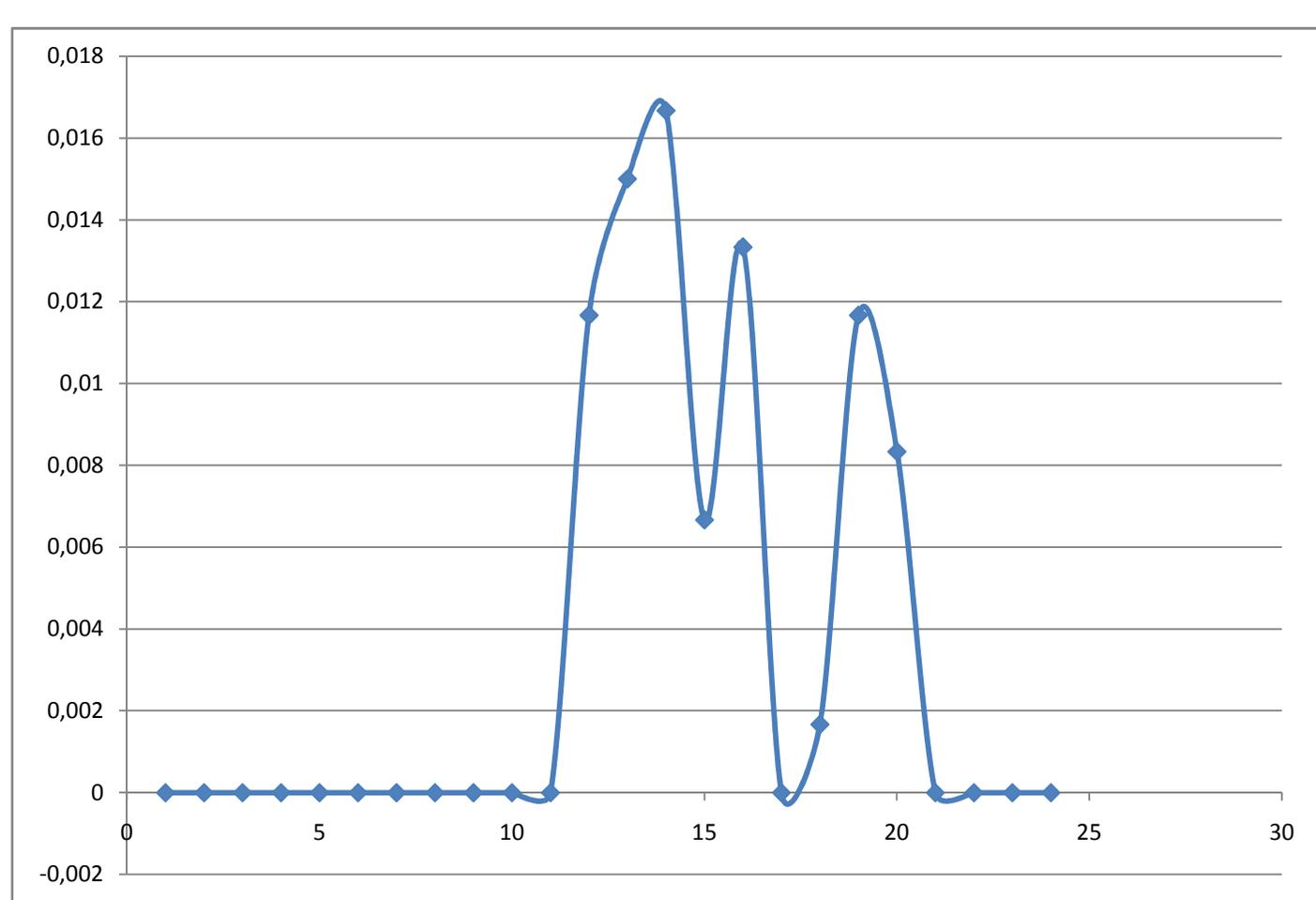
ELABORACIÓN: Autor Tesis

El **Dióxido de Azufre** tiene un comportamiento diferente en cada uno de los puntos del estudio así: en La Merced se tiene la mayor incidencia entre las trece y catorce horas, en el Parque Sucre entre las doce y trece horas y en la Condamine entre las doce y veinte y un horas es decir en términos generales el SO<sub>2</sub> está presente con mayor incidencia desde las doce y veinte y un horas.

A continuación se detalla los gráficos de la presencia del SO<sub>2</sub> en cada uno de los puntos de muestreo.

HORA	SO <sub>2</sub> (ppm)
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0
12	0,0116667
13	0,015
14	0,0166667
15	0,0066667
16	0,0133333
17	0
18	0,0016667
19	0,0116667
20	0,0083333
21	0
22	0
23	0
24	0

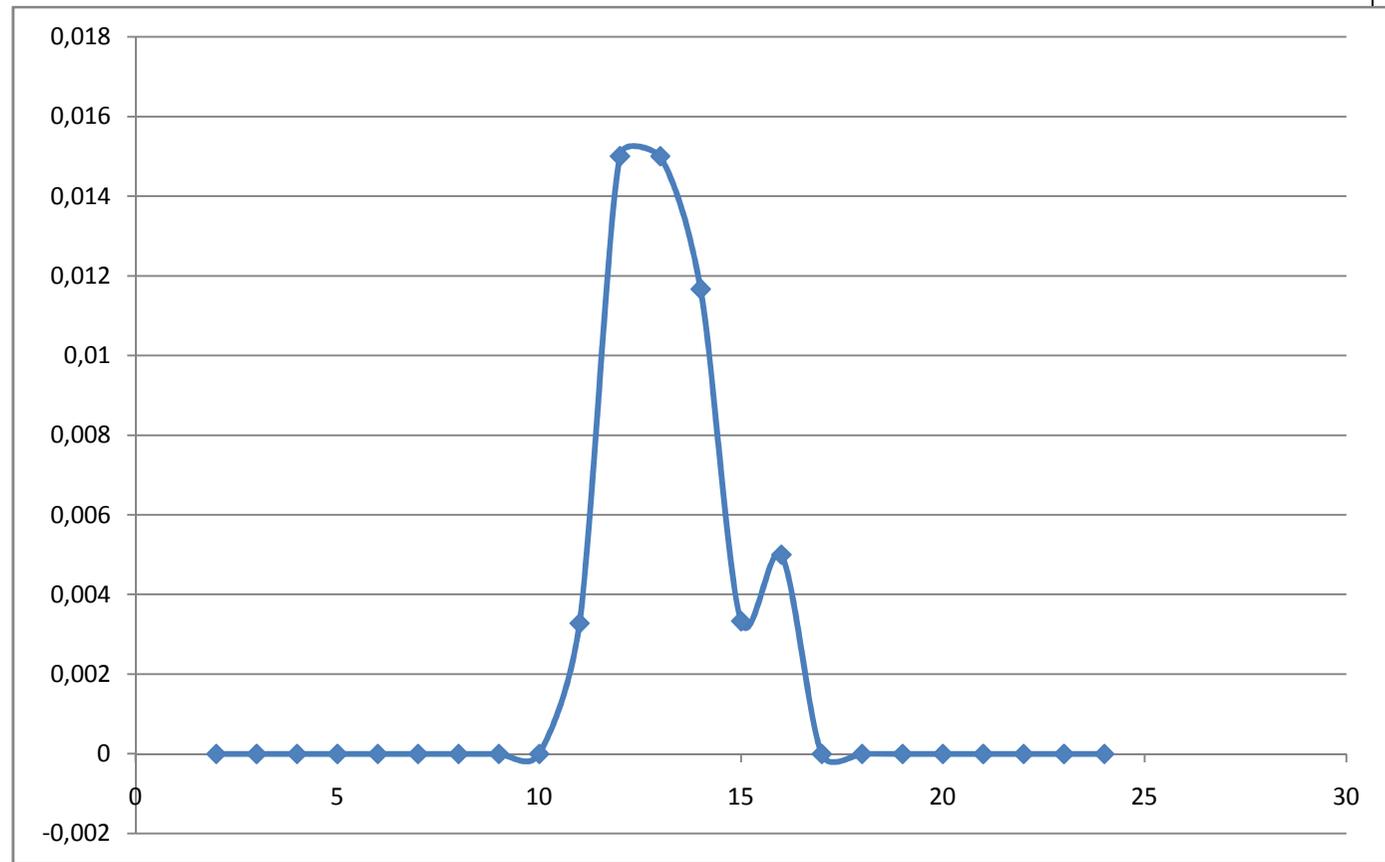
**GRÁFICO 3-14 COMPORTAMIENTO DEL SO<sub>2</sub> LA MERCED**



FUENTE: Datos base del estudio, Monitoreos 1, 2 y 3  
 ELABORACIÓN: Autor Tesis

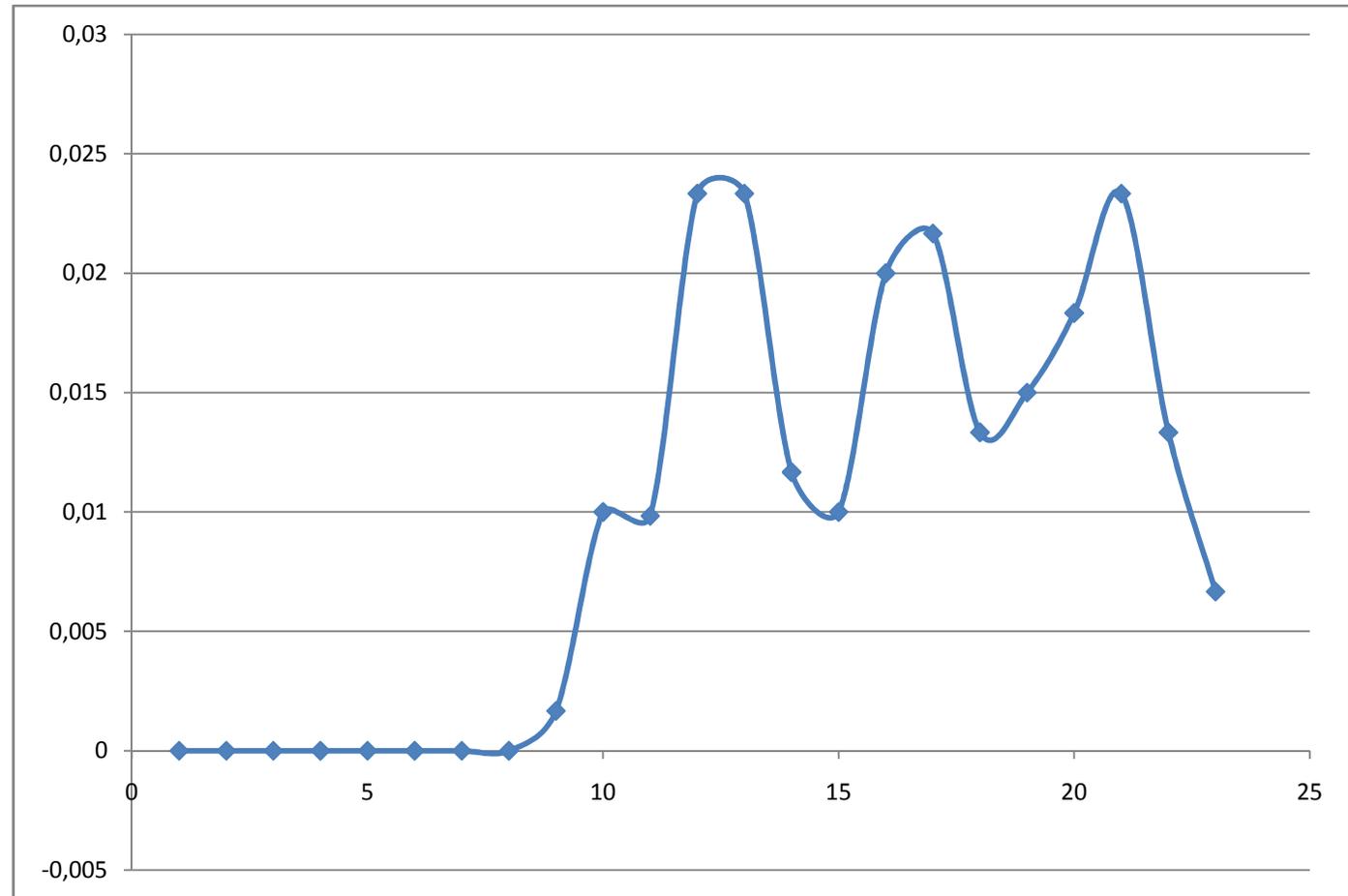
HORA	SO <sub>2</sub> (ppm)
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0
10	0
11	0,00327869
12	0,015
13	0,015
14	0,01166667
15	0,00333333
16	0,005
17	0
18	0
19	0
20	0
21	0
22	0
23	0
24	0

**GRÁFICO 3-15 COMPORTAMIENTO DEL SO<sub>2</sub> PARQUE SUCRE**



FUENTE: Datos base del estudio, Monitoreos 1, 2 y 3  
 ELABORACIÓN: Autor Tesis

HORA	SO <sub>2</sub> (ppm)
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
7	0
8	0
9	0,0016667
10	0,01
11	0,0098361
12	0,0233333
13	0,0233333
14	0,0116667
15	0,01
16	0,02
17	0,0216667
18	0,0133333
19	0,015
20	0,0183333
21	0,0233333
22	0,0133333
23	0,0066667
24	0,0055556

GRÁFICO 3-16 COMPORTAMIENTO DEL SO<sub>2</sub> LA CONDAMINE

FUENTE: Datos base del estudio, Monitoreos 1, 2 y 3

ELABORACIÓN: Autor Tesis

### 3.4 PROPUESTA DEL PLAN DE MITIGACIÓN AMBIENTAL

#### 3.4.1 INTRODUCCIÓN

El Plan de Mitigación Ambiental, constituye el instrumento principal para dar una respuesta oportuna, adecuada y coordinada a una situación de contaminación causada por el material particulado PM<sub>2.5</sub> y gases de combustión producidos por los automotores que circulan en el centro comercial de Riobamba.

Sin embargo, es fundamental contar con la suma de esfuerzos de todos, cuya composición permita fortalecer y cumplir en tiempo las acciones tendientes a prevenir y mitigar la contaminación del aire en modo y tiempo las circunstancias que deberán ser señaladas y, dar respuesta oportuna a la sociedad dentro de un marco de seguridad, principio y fin, que sustenta y motiva, el estado ecuatoriano.

El Plan de Mitigación, tiene como principal motivo actuar en forma coordinada con los distintas instituciones y servicios involucrados, frente a una situación de emergencia puntual y minimizar las pérdidas (lesión a las personas y/o daño a la propiedad), en la zona comercial de Riobamba provocado por la contaminación vehicular.

Durante el Año 2009 se desarrolló la investigación sobre “Mitigación de la Contaminación del Aire por Material Particulado y Gases de Combustión de Automotores en el Centro Comercial de Riobamba” dentro del Programa de Maestría de Protección Ambiental en la ESPOCH donde se determina la contaminación en niveles superiores a la norma en lo referente a material particulado y la incidencia que tienen los gases generados por los automotores que están dentro de la norma pero con un claro crecimiento e influencia del mismo.

Este estudio presenta información relevante sobre la incidencia del material particulado PM<sub>2,5</sub> y los gases de combustión emitidos por los vehículos de CO, NO, NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> para brindar a las autoridades y actores, elementos para la toma de decisiones.

Este Plan de Mitigación Ambiental debe constituir una parte integral de los estudios ambientales que debe tener el Gobierno Autónomo Descentralizado de Riobamba donde se describen las medidas y/o procedimientos tendientes a preveer y mitigar los posibles impactos ambientales y socioculturales negativos.

De acuerdo del Libro Sexto Anexo 4 del TULAS que tiene como objetivo principal el preservar la salud de las personas, la calidad del aire ambiente, entre otras, las instancias de control deben tomar con responsabilidad el control y prevención del ambiente.

### **3.4.2 OBJETIVOS**

#### **OBJETIVO GENERAL**

Presentar a la comunidad y a las autoridades competentes las medidas emergentes a desarrollar para reducir la contaminación del Material Particulado  $PM_{2,5}$  y controlar la emisión de los gases emitido por los vehículos.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Brindar un documento de consulta a las autoridades y ciudadanía para tomar las medidas emergentes a corto y largo plazo, frente a la contaminación de las partículas  $PM_{2,5}$  y gases de combustión.
- Sistematizar a través de un plan emergente, las fases que se debe desarrollar para lograr un modelo de control del tránsito y de contaminación producido por automotores.
- Determinar medidas de control de las fuentes de emisión de partículas  $PM_{2,5}$  y gases de combustión vehicular.

### **3.4.3 ALCANCES DEL DOCUMENTO**

El presente documento de acuerdo a los resultados conocidos en el estudio de contaminación del aire en el que se identifica las condiciones del mismo, permite en

general tener un elemento de discusión entre los diferentes actores, autoridades y ciudadanía, para la toma de medidas de mitigación y prevención de contaminación del aire y el control de las fuentes de emisión, para el bienestar y control de la salud de los pobladores de Riobamba

#### 3.4.4 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La implementación de estas medidas sería en la ciudad de Riobamba en general y de manera puntual en la zona comercial de Riobamba donde se produce un mayor flujo vehicular y luego proyectar a todo el cantón debido a que los elementos considerados  $PM_{2,5}$  y gases producidos por motores a combustión interna de vehículos (se debe sumar el problema de la producción de estos contaminantes de fuentes fijas de combustión, que no está considerado en el presente estudio), que viajan a grandes distancias.

#### 3.4.5 PROPUESTA DEL PLAN EMERGENTE

Partimos como base de la norma establecida en el Libro VI Anexo 4 del TULAS

#### VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONCENTRACIÓN DE MATERIAL PARTICULADO

Contaminante	Tiempo de exposición	Máxima concentración permitida
Partículas Sedimentables	30 días	1 mg/cm <sup>2</sup>
PM10	1 AÑO	50 µg/m <sup>3</sup>
	24 horas	150 µg/m <sup>3</sup>
PM2,5	1 AÑO	15 µg/m <sup>3</sup>
	24 horas	65 µg/m <sup>3</sup>

## CONCENTRACIONES DE CONTAMINANTES COMUNES 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	15 000	30 000	40 000
Oxidantes Fotoquímicos, expresados como ozono. Concentración promedio en una hora	300	600	800
Óxidos de Nitrógeno, como NO <sub>2</sub> Concentración promedio en una hora	1 200	2 300	3 000
Dióxido de Azufre Concentración promedio en veinticuatro horas	800	1 600	2 100
Material Particulado PM <sub>10</sub> Concentración en veinticuatro horas	250	400	500

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

A continuación presentamos una propuesta sobre las acciones y responsabilidades frente a la contaminación de material particulado PM<sub>2,5</sub> y gases de combustión producidos por los automotores.

**TABLA 3 - 11 ACCIONES Y RESPONSABILIDADES PARA PREVENIR Y MITIGAR LA CONTAMINACIÓN POR MATERIAL PARTICULADO PM<sub>2,5</sub> Y GASES DE COMBUSTIÓN EMITIDOS POR AUTOMOTORES EN EL CENTRO COMERCIAL DE RIOBAMBA**

CONTAMINANTE	DESCRIPCIÓN/CONDICIÓN	ACTIVIDAD	ACCIONES	RESPONSABLE
MATERIAL PARTICULADO PM <sub>2,5</sub>	De acuerdo al estudio se tiene 66,74 µg/m <sup>3</sup> frente a 65 µg/m <sup>3</sup> de la norma existiendo por lo tanto una contaminación.	Control del tránsito:	Revisión de las rutas de las líneas de buses	Municipio de Riobamba (IMR), Ministerio del Ambiente, Unidad Administrativa de Tránsito de Chimborazo (UATCH).
			Sentido de las vías	
			Semaforización y calibración de los semáforos	
		Control vehicular	Control de las condiciones de los vehículos particulares anualmente	Municipio de Riobamba (IMR), Ministerio del Ambiente, Unidad Administrativa de Tránsito de Chimborazo (UATCH), Policía Nacional.
			Control de las condiciones de los buses y camiones en períodos más cortos	
		Concienciación de actores	Campaña sobre el mantenimiento y la condición vehicular para los propietarios de los vehículos, y ciudadanía en general.	
GASES DE COMBUSTIÓN VEHICULAR	De los gases de combustión no existe problema de contaminación sobre el nivel de alerta referente a la norma, pero tiene una tendencia de crecimiento.	Prevenir la contaminación	Control de Tránsito	Municipio de Riobamba (IMR), Ministerio del Ambiente, Unidad Administrativa de Tránsito de Chimborazo (UATCH), Policía Nacional.
			Control Vehicular	
			Concienciación de actores	

ELABORACIÓN: Autor Tesis

**TABLA 3-12 ACCIONES OBJETIVO, PROPUESTA Y RESPONSABILIDADES PARA LA MITIGACIÓN Y PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN LA CIUDAD DE RIOBAMBA.**

ACCIONES	OBJETIVOS	RESPONSABLE	PROPUESTA
Elevar a política pública el control del aire en el Centro Comercial de Riobamba	Disminuir la contaminación de material particulado y gases de combustión	Ilustre Municipalidad de Riobamba	Asumir la competencia del tránsito vehicular en el Cantón por la I.M.R.(Ordenanza).
			Creación de un verificentro para el control y monitoreo de la contaminación producida por los automotores (Ordenanza).
		Ilustre Municipalidad de Riobamba, Unidad Administrativa de Tránsito de Chimborazo (UATCH), Policía Nacional.	Medidas correctivas en rutas y semáforos en la ciudad.
Campañas de concienciación del mantenimiento adecuado vehicular.	Tener una cultura de seguridad personal y con el ambiente.	Ilustre Municipalidad de Riobamba, Unidad Administrativa de Tránsito de Chimborazo (UATCH), Policía Nacional, Sindicato de Choferes.	Cursos de capacitación sobre diferentes temas para cumplir con el objetivo y el empoderamiento de los propietarios de vehículos sobre el problema de la contaminación del aire causada por los vehículos.
Organizar un sistema de transporte masivo	Mejorar el transporte público	Ilustre Municipalidad de Riobamba, Unidad Administrativa de Tránsito de Chimborazo (UATCH), Policía Nacional, Sindicato de Choferes, Organizaciones Sociales, Academia-ESPOCH.	Realizar un estudio de mejoramiento de servicio público actual. Nueva propuesta de un sistema moderno para Riobamba.

ELABORACIÓN: Autor Tesis

### 3.4.6 CONCLUSIONES

- La Ilustre Municipalidad de Riobamba debe asumir la competencia del tránsito en el Cantón de acuerdo a la Ley.
- Es urgente la creación del verificentro para el control y monitoreo de los vehículos que circulan en el Cantón con miras a prevenir la contaminación ambiental y dar seguridad a la ciudadanía.
- Tomar medidas urgentes sobre el reordenamiento del tránsito en la ciudad de Riobamba.
- Coordinar adecuadamente con las diferentes Instituciones para que los esfuerzos sobre el control ambiental sean efectivos.
- Municipalidad (I.M.R.), Unidad Administrativa de Tránsito de Chimborazo (UATCH), Ministerio del Ambiente, Policía Nacional, en forma coordinada implementar de forma inmediata el plan de contingencia.
- Realizar un estudio de mejoramiento del sistema de transporte masivo actual y una nueva propuesta con un sistema moderno acorde a las necesidades futuras de Riobamba.

## CAPÍTULO 4

### 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 4.1 CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos podemos concluir:

##### **Material Particulado $PM_{2,5}$**

- En concordancia con los valores de la Tabla 3-2 podemos decir de acuerdo a la norma monitoreo 1 que existe una contaminación de material particulado  $PM_{2,5}$  en el Centro Comercial de Riobamba ( $91,43 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) mayor que el establecido en la norma ( $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). La contaminación mayor tenemos en la Merced con  $107,42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .
- En el monitoreo 2 de doce horas, tenemos una contaminación de  $114,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; en relación al monitoreo 3 que es considerado en las horas pico con un valor promedio de  $124,57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , valor elevado en relación a la norma. En los diferentes puntos de análisis tenemos:  $144,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la Merced,  $126,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el Parque Sucre y  $102,93 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la Condamine y esto en seis horas de monitoreo lo que nos da un indicativo que si no tomamos las medidas preventivas para solucionar esta situación nos encontramos con un problema grave.
- De acuerdo a datos estadísticos de la salud de los habitantes de la zona las afectaciones a su salud de mayor incidencia es la respiratoria; puede ser que la contaminación del material particulado  $PM_{2,5}$  sea una de las causas.

##### **Gases de Combustión Vehicular**

- De acuerdo a la Tabla 3-8 encontramos que todos los gases están en valores inferiores al nivel de alerta de la norma Tabla 3-3 de los gases CO, NO,  $NO_2$  y  $SO_2$ .
- En la Tabla 3-9 podemos ver que el estimado del aporte anual de los diferentes gases de combustión de los automotores al ambiente, son valores que debemos meditar para la toma de decisiones debido a que son ellos los que provocan el calentamiento global y la lluvia ácida.

- La mayor incidencia de los gases de combustión de los vehículos en el día está comprendido entre las siete y veinte y un horas. Este puede ser un factor que afecte en la salud humana.
- Es importante realizar el control de las condiciones de los vehículos referente a la emisión de gases y material particulado.

#### **4.2 RECOMENDACIONES**

- Para tener un eficiente control de la condición vehicular es importante la creación de un verificentro tomando en consideración las experiencias de otras ciudades como Quito y Cuenca.
- Establecer convenios para el monitoreo permanente y control del ambiente en el caso del aire, que es vital ya que la contaminación de éste incide directamente en la contaminación del suelo y del agua.
- Estamos a tiempo de realizar todos los estudios para hacer realidad lo anterior, antes de que se agrave la contaminación alarmante de material particulado  $PM_{2,5}$  de graves consecuencias para la salud humana con un incremento de la contaminación de los gases emitidos por vehículos en tanto y en cuanto el parque automotor se incrementa notoriamente en el transcurso del tiempo.
- Aplicar medidas emergentes para solucionar el problema de tránsito.
- Tomar medidas de reordenamiento del tránsito vehicular y de manera particular la de los buses, organizando las rutas, calibración de semáforos y restricción vehicular.
- Aplicar la ley y/o emitir ordenanzas por parte de las instituciones que están a cargo del control vehicular.
- Elaborar y ejecutar un plan emergente
- Implementar un Verificentro Vehicular (ANEXO 3 Proyecto de Referencia de Ordenanza)

- Por los resultados obtenidos se recomienda realizar nuevos estudios que abarquen sobre este tema un área de mayor cobertura del presente estudio y otros temas como los efectos de esta contaminación en la salud; además de otros elementos químicos y el ruido.

### 4.3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

#### LIBROS

- **DAVIS MACKENZIE.** Ingeniería y ciencias ambientales.2005. Ed. McGraw-Hill. México D.F.
- **ESPERT A. VICENT.** Dispersión de contaminantes en la atmósfera. Ed. Alfaomega. Universidad Politécnica de Valencia. México 2005.
- **FINLAYSON-PITTS B., PITTS JR.,** Atmospheric Chemistry: Fundamental and experimental techniques,. Edit. John Wiley & Sons, New York, 1986.
- **INFORME SOBRE DESARROLLO HUMANO 2007-2009:** La lucha contra el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido; Programa de las Naciones Unidas PNUD . Ed. Mundi – Prensa México s.a. C.V. Cap 3.,4, 2010.
- **INGERSOLL A.,** La Atmósfera, Libros de investigación y Ciencia, Edit. Prensa Científica, 1987.
- **JUÁREZ A. MIRANDA A.,** Medición de la calidad del aire en la Ciudad de Puebla, Ediciones UAP, 1997.
- **NOEL DE NEVERS:** Ingeniería de control de la contaminación del aire McGraw-Hill México Cap 8 – 9 – 13, 1998.
- **OSE.** Calidad del aire en las ciudades: clave de la sostenibilidad urbana. Observatorio de la Sostenibilidad en España. Madrid España, 2007.
- **YASSI A, KJELLSTROM T, DE KOK T, GUIDOTTI.** Salud Ambiental Básica (versión al español realizada en el INHEM). México DF. PNUMA. 2002.
- **ZANNETTI P.,** Air Pollution Modeling. Theories computational methods and available software, Edit. Computational Mechanics Publications, 1986.

#### REVISTAS

- **BALLESTER F, IÑÍGUEZ C, SAEZ M, PÉREZ-HOYOS S, DAPONTE A, ORDÓÑEZ JM,** et al. Relación a corto plazo de la contaminación atmosférica y la mortalidad en trece ciudades españolas. Med Clin 2003;121:684-9.
- **COHEN AJ, ANDERSON HR, OSTRO B, PANDEY KD, KRYZANOWSKY M, KUENZLY N,** et al. Mortality impacts of Urban Air Pollution. En: Ezzati M, Lopez AD, Rodgers A, Murray CJL (editores). Comparative Quantification of Health Risks: Global and Regional Burden of Disease Attributable to Selected Major Risk Factors. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 2003.

- **DOCKERY DW, POPE III CA.** Acute respiratory effects of particulate air pollution. Environmental Epidemiology Program. Harvard School of Public Health, Boston, Massachusetts. Annu Rev Public Health. 1994;15:107-32
- **FOX, DL.** 1993. Air pollution. Anal chem 65:156R-170R.
- **GRANT, WB, RH. KAGANN, WA. MCCLENNY,** 1992. J Air Waste Manage Assoc 42:18-30.
- **LEGORRETA J.,** La grave contaminación atmosférica de la ciudad de México, Ciencias, 22, 1996.
- **MARTINS MC, FATIGATI FL, VESPOLI TC, MARTINS LC, PEREIRA LA, MARTINS MA,** et al. Influence of socioeconomic conditions on air pollution adverse health effects in elderly people: an analysis of six regions in Sao Paulo, Brazil. J Epidemiol Community Health 2004;58:41-6
- **POPE, C.A., M. J. THUM, M. M. NAMBOODRI,** et al., Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U. S. adults, en American Journal of respiratory and Critical Care Medicine, vol. 151, pp. 699-974, 1995.
- **ROMERO PLACERES M,** Más Bermejo P, Lacasaña Navarro M, Téllez Rojo Solís MM, Aguilar Valdés J, Romieu I. Contaminación atmosférica, asma bronquial e infecciones respiratorias agudas en menores de edad de La Habana. Sal Públ Mex. 2004;46:222-3.
- **RUBIO DE URQUÍA J.** Proyecto de Ley de calidad del aire y protección atmosférica. Ambiental No 63, Febrero de 2007

## FOLLETOS

- Cuenca **CUENCAIRE** Corporación para el mejoramiento del Aire de Cuenca
- Informe **CORPAIRE** calidad del aire Riobamba
- Quito **EX-CORPAIRE** Corporación para el mejoramiento del Aire de Quito.

## MANUALES

- **BUSTOS FERNANDO.** Manual de Gestión y Control Ambiental; Ecuador 2007.
- **DANIELA SIMIONI,** Contaminación atmosférica y conciencia ciudadana. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) Santiago de Chile, junio de 2003.

- **DE LA GARZA CASTRO J.**, Gestión de calidad del aire en el área metropolitana de Monterrey, Calidad ambiental, vol.3 número 6, 1997.
- **FERRIS, B. G.**, Health effects of exposure to low level of regulated air pollutants, Journal of the Air Pollution Control Association, vol 28, 1978.
- **GUTIÉRREZ JH, ROMIEU I, COREY G, FORTOUL T.** Contaminación del aire, riesgos para la salud. México DF: UNAM/EI Manual Moderno. 1997:4-5.
- **MINISTERIO FEDERAL PARA EL MEDIO AMBIENTE**, la Conservación de la Naturaleza y la Seguridad Nuclear. Determination and Evaluation of Ambient Air Quality-Manual of Ambient Air Quality Control in Germany. Berlín, 1992.
- **TULAS:** Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundario; Registro Oficial 725 del 16 de diciembre del 2002.

### **PÁGINAS WEB.**

- **CED: Centro Ecuatoriano de Derecho Ambiental**

<http://www.ceda.org.ec>

- **Centro Ecuatoriano de Producción mas limpia**

<http://www.cepl.org.ec>

- **CLEANAIRNET.ORG.** Iniciativa de aire limpio en las ciudades de América Latina. Sistema de información de calidad de aire en América Latina. Disponible en:

<http://www.cleanairnet.org/lac/1471/propertyvalue-13639.html>

- **Fundación Natura**

<http://www.ecuanex.net.ec/natura/index.html>

- **MATERIAL PARTICULADO PM<sub>10</sub> – PM<sub>2,5</sub>**

[www.prtr-es.es/Partículas-PM10,15673,11,2007.html](http://www.prtr-es.es/Partículas-PM10,15673,11,2007.html)

- **Ministerio del Ambiente del Ecuador**

<http://www.ambiente.gov.ec>

- [pagina.jccm.es/.../rvca/pdfs/Prog\\_reduccion\\_PM10\\_ptollano.pdf](http://pagina.jccm.es/.../rvca/pdfs/Prog_reduccion_PM10_ptollano.pdf) - [Similares](#)

[www.airinfonow.com/espanol/.../ed\\_particulate.html](http://www.airinfonow.com/espanol/.../ed_particulate.html)

[www.cepis.org.pe/bvsaidis/caliaire/mexicona/R-0205.pdf](http://www.cepis.org.pe/bvsaidis/caliaire/mexicona/R-0205.pdf)

-**SEDESPA**. Monitoreo de la Calidad del Aire en las ciudades de Villahermosa, Cárdenas y Comalcalco Tabasco, con respecto a las partículas menores o iguales a 10 micras (PM10). Disponible en: <http://www.sedespa.gob.mx/monitoreo/index.htm>

- **WHO**. The effect of air pollution on children's health and development: a review of the evidence, Executive Summary 2004, Available in:

<http://www.euro.who.int/document/EEHC/exec-sum.pdf>

### **PLAN EMERGENTE**

[www.correo-gto.com.mx/upload/arch\\_pdf/.../Jul06%2057.pdf](http://www.correo-gto.com.mx/upload/arch_pdf/.../Jul06%2057.pdf) - [Similares](#)

[www.gestiopolis.com/.../plan-para-la-compensacion-ambiental.htm](http://www.gestiopolis.com/.../plan-para-la-compensacion-ambiental.htm)

## **5 ANEXOS**

### **5.1 ANEXO 1 TULAS**

### **5.2 ANEXO 2 MONITOREO GASES DE COMBUSTIÓN CO, NO, NO2 Y SO2 EN EL CENTRO COMERCIAL DE RIOBAMBA**

### **5.3 ANEXO 3 BORRADOR DE PROYECTO CODIFICACIÓN A LA ORDENANZA QUE NORMA EL ESTABLECIMIENTO DEL SISTEMA DE REVISIÓN TÉCNICA VEHICULAR DE RIOBAMBA Y LA DELEGACIÓN DE COMPETENCIAS A RIOAIRE, CORPORACIÓN PARA EL MEJORAMIENTO DEL AIRE DE RIOBAMBA.**